

Biomechanische Untersuchungen
und klinische Erfahrungen mit dem
drehstabilen Marknagel nach Otte

von

Wolf-Dieter Otte

aus

Würzburg

*Diss. Erlangen
1984*

1984 № 297



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Orthopädischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. D. Hohmann

Biomechanische Untersuchungen und klinische Erfahrungen mit dem drehstabilen Marknagel nach Otte

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Wolf-Dieter Otte

aus

Würzburg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf

Referent: Prof. Dr. D. Hohmann

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 5. 1984

2. Familienname: _____

- 3.1. Vatersname: _____
- 3.2. Muttersname: _____
- 3.3. Geburtsname: _____
- 3.4. Geburtsdatum: _____
- 3.5. Geburtsort: _____
- 3.6. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.7. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.8. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.9. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.10. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.11. Geburtszeitpunkt: _____
- 3.12. Geburtszeitpunkt: _____

3. Geburtsdatum: _____

4. Geburtsort: _____

Meinen Eltern

- 4.1. Vatersname: _____
- 4.2. Mutersname: _____
- 4.3. Geburtsname: _____
- 4.4. Geburtsdatum: _____
- 4.5. Geburtsort: _____
- 4.6. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.7. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.8. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.9. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.10. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.11. Geburtszeitpunkt: _____
- 4.12. Geburtszeitpunkt: _____

5. Geburtszeitpunkt: _____

- 5.1. Geburtszeitpunkt: _____
- 5.2. Geburtszeitpunkt: _____

6. Geburtszeitpunkt: _____

7. Geburtszeitpunkt: _____

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

- 1.1. Geschichte der metallischen Implantate
- 1.2. Grundprinzipien der Frakturheilung
- 1.3. Grundlagen der Marknagelung
- 1.4. Der Otte-Plansee-Nagel eine
Weiterentwicklung des Küntschernagelprinzips
 - 1.4.1. Der Otte-Plansee-Marknagel
 - 1.4.2. Das Einschlagwerkzeug
 - 1.4.3. Der Otte-Plansee-Oberschenkel-Nagel
 - 1.4.4. Der Otte-Plansee-Unterschenkel-Nagel
 - 1.4.5. Der Otte-Plansee-Oberarm-Nagel

2. Ziele der Arbeit

3. Eigene Untersuchungen

- 3.1. Biomechanische Untersuchungen zur
Rotationsstabilität
 - 3.1.1. Material und Methode
 - 3.1.2. Ergebnisse
- 3.2. Bisherige klinische Erfahrung
 - 3.2.1. Material und Methode
 - 3.2.2. Ergebnisse
 - 3.2.3. Einzelne Falldarstellungen

4. Diskussion

- 4.1. Diskussion der Rotationsversuche
- 4.2. Diskussion der klinischen Erfahrungen

5. Zusammenfassung

6. Literaturverzeichnis

1.1. Geschichte der metallischen Implantate.

Bis hin zur Neuzeit fanden sich nur wenige Hinweise für eine intracorporale Knochenfixation durch Fremdkörper:

Einer der ersten Hinweise auf eine intramedulläre Osteosynthese stammt aus Berichten des Franziskanerpaters Bernhardina De Sehagun aus dem 16. Jahrhundert, der berichtet, daß die Azteken es nicht nur verstanden Brüche einzurichten, sondern auch durch Implantieren von Spänen aus Pinienholz Frakturen zu fixieren versuchten. Des weiteren ist noch ein Hinweis zu finden, daß angeblich Marco Aurelio Severino die erste Naht einer Kniescheibe durchführte.

Die eigentliche Geschichte metallischer Implantate beginnt jedoch erst mit Petronius, der 1565 eine Goldplatte zur Deckung eines Gaumendefektes verwendete.

Im Laufe der Osteosynthesegeschichte wurden die verschiedensten Metalle und Legierungen für Implantate benutzt. Eines der ersten Verwendungsgebiete von Fremdmaterial war die Versorgung von Wunden. Die Römer verwendeten Metallklips vor allem zur Adaption der Haut. Eine eigentliche Geburtsstunde der Osteosynthese in unserem heutigen Sinn kann aus dem Grund nicht gegeben werden, weil die Mißerfolge der Knochenbruchoperationen in der Zeit, bevor die Antisepsis angewandt wurde, so groß waren, daß stets nur Einzelversuche unternommen wurden. Noch in der Mitte des 19. Jahrhunderts lag die Sterblichkeit bei komplizierten Frakturen zwischen 40 und 60%. Manch eine Klinik betrachtete damals einen offenen Knochenbruch als eine absolut tödlich verlaufende Verletzung.

In den Anfängen der Osteosynthesegeschichte wurden als implantierbare Materialien die Monometalle Gold, Silber, Platin, Kupfer, Blei und Eisen verwendet. Aber all diese Metalle hatten große Nachteile - zu hoher Preis von Gold und Platin, zu geringe mechanische Festigkeit, starke Korrosionserscheinungen und Silber-Sulfidablagerungen in der Haut, Schleimhäuten und inneren Organen bei Silber, toxische Wirkung des Bleis und Kupfers, häufige Korrosion und Metallosen bei Eisen - und

wurden deshalb bald wieder für Osteosynthesezwecke verworfen.

Auch mit Aluminium, Magnesium, Messing und Aluminiumbrom wurde in der operativen Knochenbruchbehandlung experimentiert, sie alle erfüllten jedoch ebensowenig die gesteckten Erwartungen.

1875 versorgte König als Erster einen Schenkelhalsbruch mit einer Stahlschraube. Johann Nicolaysen verwendete Ende des 19. Jahrhunderts einen Dreikantnagel zur Versorgung von Schenkelhalsbrüchen. Bereits 1886 entwickelte Hansmann erste Knochenplatten, die aus Aluminium, Silber oder Messing bestanden. Die erste intramedullären Fixationsverfahren der Neuzeit entwickelten 1907 Lambot und 1913 Schöne. 1916 versuchte Hey-Groves eine Ruhigstellung von Oberschenkelbrüchen mittels eine intramedullär eingebrachten Metallstange (10).

König wandte 1924 einen Aluminiumbronzedraht an, der zu 90,75% aus Kupfer und 9,25% aus Aluminium bestand. Er beschreibt sehr eindrucksvoll den Zustand einer jungen Frau, bei der er einen Schienensbeindrehbruch mit einem Aluminiumbronzedraht genäht hatte=

'An der ausgezeichnet verheilten Fraktur wiesen 4 Jahre später streng auf eine Stelle begrenzte Schmerzen auf die Drahtnaht hin. Die eine konnte ich extrahieren; sie war völlig reaktionslos eingeheilt. Die andere war in der Knochensubstanz verschwunden.'

Möglicherweise fand hier die anodische Auflösung eines der beiden Metalle statt.

Wenig Beachtung wurde den Berichten von E. Orson geschenkt, die besagten, daß elektrolytische Vorgänge die Ursache von Metallosen und eines gestörten Heilungsverlaufes sein könnten.

Erst 1934 wurde dann von Menegaox, Odiette und Moyse angegeben, daß vor allem dann Gewebsschädigungen auftraten, wenn in ihrer Zusammensetzung ungleiche Metalle implantiert wurden. Dies bestätigten auch Messungen, die Venable und Stuck 1938 durchführten. Diese elektrochemischen Untersuchungen an Metallen in physiologischer Kochsalzlösung zeigten die ungünstige gegenseitige Beeinflussung von ungleich zusammengesetzten Metallen auf.

Der eigentliche Durchbruch der intracorporalen Osteosynthesetechnik gelang etwa im Jahre 1920, nachdem in diesen Jahren erstmals der schon seit dem Ende des 19. Jahrhunderts bekannte rostfreie Stahl verwendet wurde. Dabei bildet das dem Eisen hinzulegierte Chrom eine Passivschicht, die dem Metall eine weitgehende Resistenz gegenüber oxidierendem Material verleiht.

1919 erhielt die Firma Krupp die Lizenz, 'künstliche Ersatzteile für das Innere des menschlichen und tierischen Körpers, insbesondere Kauwerkzeuge aus nicht rostendem Stahl' herzustellen. Der damals verwendete nicht rostende Stahl entspricht in der Zusammensetzung etwa dem heutigen V2A-Stahl.

Dieses Material wurde auch von Smith-Petersen, der 1926 die Behandlung eines Schenkelhalsbruches mit einem Dreilamellennagel veröffentlichte, und Jerusalem und Sven Johansson, die ebenfalls eine extraartikuläre Nagelung des Schenkelhalses 1931 angaben, verwendet.

Einen runden Nagel mit abgebogenem Ende stellte Rush 1927 zum ersten Mal vor, 1939 wurde ein neuartiger Marknagel von Küntscher erstmals bei Menschen angewandt und 1940 von ihm während der 64. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie einem größeren Publikum vorgestellt. Es ergaben sich zunächst größere materialtechnische Probleme, die jedoch mit der Entwicklung von neuen hochlegierten Stählen wie z.B. dem AISI 316 L-Stahl (3) verbessert werden konnten.

Küntscher verwirklichte erstmals mit seiner Marknagelung die von Lorenz Böhler (6) aufgestellten Grundsätze für die Knochenbruchbehandlung:

1. genaue Reposition der Bruchstücke.
2. ununterbrochene Ruhigstellung der eingerichteten Brüche bis zur knöchernen Bindung.
3. schmerzfreie eigentätige Bewegung möglichst vieler oder aller Gelenke.

Der von Küntscher entwickelte Nagel besitzt ein kleeblattförmiges Profil, das auf der Hinterseite von einem Längsschlitz durchtrennt war. Dieser Längsschlitz sollte die Aufgabe haben, eine elastische Querverklemmung des Nagels in der Markhöhle zu gewährleisten. Dadurch

könne nach Angabe von Küntscher eine stabile Osteosynthese durchgeführt werden. Dieses intramedulläre Stabilisierungsverfahren wurde von Küntscher für fast alle Röhrenknochen des menschlichen Körpers mit modifizierten Nägeln angegeben. Die Knochenbruchstabilisierung, wie sie Küntscher angegeben hat, zählt heute noch zu den schonendsten operativen Methoden der Osteosynthese. Eine Weiterentwicklung dieses Systems ist der Verriegelungsnagel nach Klemm, der es ermöglicht, auch Trümmerbrüche und ähnliches durch einen Marknagel zu fixieren (32,33).

1936 berichteten Menegaux und Stuck, daß sich Vitallium im Körper neutral verhalte. Dies gab den Anstoß zur vermehrten Verwendung von Vitallium hauptsächlich in den USA. In Deutschland wurde dieses Material hauptsächlich für die Herstellung von Endoprothesen und verschiedenen Knochenplatten angewandt.

1958 wurde dann die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen gegründet. Sie arbeitete neue Grundsätze und Indikationen zur operativen Knochenbruchbehandlung aus. Ihr Hauptziel bestand darin, eine möglichst exakte Adaptation der Knochenfragmente zu erreichen. In dem Buch von M. Müller, M. Allgöwer und H. Willenegger (73) 'Technik der operativen Frakturbehandlung' sind die Behandlungstechniken nach Vorstellung der AO dargelegt.

1.2. Grundprinzipien der Frakturheilung

Die pathophysiologischen Vorgänge bei der ungestörten Knochenheilung sind heute weitgehend bekannt und lassen sich übersichtlich nach dem Schema von Knöfler (35) 1967 darstellen.

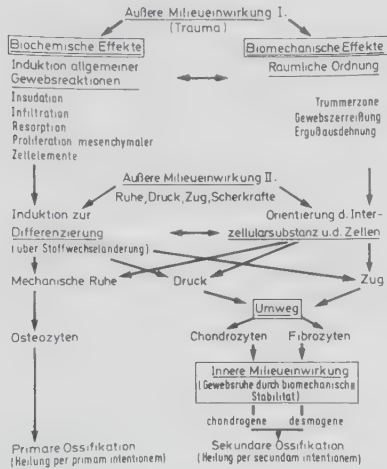


Abb. 1: Schema der Knochenbruchheilung nach Knöfler

Klinisch wie histologisch sind drei Stadien der spontanen Knochenbruchheilung zu unterscheiden:

Phase 1: Die Fragmente sind frei beweglich. Einsprossendes Granulationsgewebe ist gegen jede Traumatisierung äußerst empfindlich.

Phase 2: Die Fraktur gewinnt durch Einwachsen von Knorpel und Knochengewebe zunehmend an Stabilität. Die anfängliche Hyperämie und Kapillardilatation geht zurück. Die Bruchstelle ist schmerzlos und federnd elastisch.

Phase 3: Es erfolgt jetzt die Recalzifizierung und klinische Festigung der Fraktur (1,6).

Histologisch gesehen werden beide Frakturrenden durch eine mehr oder weniger große Callusmanschette immobilisiert, die anschließend langsam zu tragfähigem Lamellenknochen umgebaut wird (21).

Klinisch gesehen ist die Knochenbruchheilung gekennzeichnet durch die Ablagerung von Calziumsalzen in das neu gebildete Gewebe. Auch im Frakturhämatom ist eine hohe Konzentration von Calzium und Phosphor nachweisbar. Dies kommt dadurch zustande, daß aus dem verletzten Gewebe Histamin und Acetylcholin freigesetzt werden, die ihrerseits eine Vasodilatation und reaktive posttraumatische Hyperämie erzeugen. Infolge der Hyperämie kommt es zu Dekalzifizierung der Frakturrenden (20).

Das Knochenenzym alkalische Phosphatase wird durch die Proliferation von Knorpelzellen und Osteoblasten gebildet und erreicht im Frakturhämatom eine Konzentration, die das sechs- bis achtfache des Normalwertes betragen kann (25).

Die Phosphatase setzt durch Hydrolyse die organisch gebundene Phosphorsäure zu Phosphaten frei und verursacht auf diese Weise eine Übersättigung des Frakturgebietes mit Calciumphosphat. Die Folge ist eine ca. 2 - 3 Wochen andauernde pH-Senkung im Bereich der Fraktur. Infizierte Frakturen gelten bezüglich ihrer Heilung als besonders gefährdet, denn die reaktive Frakturhyperämie wird durch entzündliche Hyperämie noch verstärkt, was zudem bedeutet, daß der pH-Wert noch weiter absinkt (20,23). Bei gleichzeitiger Stabilisierung durch ein Implantat ist eine Hyperämisierung und Anreicherung von Granulozyten, Hystiozyten sowie Fremdkörperriesenzellen aufgrund einer Fremdkörperreaktion zu erwarten, die in Abhängigkeit von aus dem Metallverband gelöster Metallionen mehr oder weniger stark ausfällt. Bei pH-Senkung ist bei Stahllegierungen mit einer stärkeren Elution der Metallionen zu rechnen als unter normalen physiologischen Bedingungen. Die erhöhte Konzentration an Metallionen aber führt ihrerseits zu einer weiteren Anreicherung der oben genannten Entzündungszellen. Der dadurch entstandene Circulus virtiosus kann z.B. durch ein bioinertes Implantatmaterial wie die hochreaktiven Metalle Titan, Tantal und Niob durchbrochen werden (28).

1.3. Grundlagen der Marknagelung.

Die Osteosynthese hat zum Ziel das funktionelle Endergebnis einer Fraktur, das bei konservativer Behandlung voraussichtlich nicht befriedigend ist, zu verbessern. Um dieses Ergebnis verbessern zu können, ist es nötig, die Kontinuität des Knochens wieder herzustellen. Hierzu verwendet man heute hauptsächlich folgende Grundtypen von Osteosynthesematerialien:

1. Drähte und Nahtmaterialien, wie z.B. Drahtcerclagen und Drahtspickungen.
2. Schrauben wie z.B. Zugschrauben, Andresenschrauben und Spongiosaschrauben.
3. Platten wie z.B. Neutralisationsplatten, Druckkompressionsplatten oder Winkelplatten.

4. Marknägel zur intramedullären Fixation wie z.B. Küntscher-nägel, Oberholzernägel und Verriegelungsnägel.

Diese Osteosynthesematerialien werden heute entweder einzeln oder in Kombination angewandt.

Auf die letztgenannte Osteosynthesetechnik möchte ich im weiteren Verlauf näher eingehen. Die intramedulläre Schienung von frakturierten Röhrenknochen wurde hauptsächlich von Gerhard Küntscher propagiert. Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Nagelungstechniken, einmal die gedeckte Marknagelung und zum zweiten die offene Marknagelung. Erstere hat den großen Vorteil des frakturfernen Einbringens des Implantatmaterials ohne Eröffnung an der Bruchstelle. Auf letztgenannte Methode muß man hauptsächlich dann zurückgreifen, wenn keine Aussicht besteht, die Fraktur gedeckt zu reponieren oder wenn die Marknagelung mit zusätzlichen Cerclagen und Ähnlichem in ihrer Stabilität unterstützt werden muß (4).

Die Nagelung selbst wird unter Röntgenfernsehkontrolle durchgeführt. Die exakte Reposition erleichtert an den unteren Extremitäten ein Extensionstisch. Die Nagelung der oberen Extremität wird im allgemeinen auf einem normalen Operationstisch durchgeführt. Für die Nagelung jedes Knochens hat Küntscher eine Nageleinschlagstelle angegeben. Sie befindet sich jeweils im Bereich des proximalen oder distalen Endes des zu nagelnden Knochens (38,41). Dort erfolgt ein 4 - 5 cm langer Hautschnitt. Nach Ablösen der Muskulatur folgt das Anbohren des Knochens an der von Küntscher angegebenen Einschlagstelle mittels eines Pfriems. Daraufhin Einführung eines Führungsspießes und nach Reposition der Fraktur Verschieben des Führungsspießes in das distale Fragment, Aufweitung der Markhöhle mittels Bohrer bis 1 mm über die gewünschte Stärke des einzuschlagenden Marknagels (40,42).

Nach konsolidierter Fraktur wird der Marknagel durch den gleichen kleinen Hautschnitt aus dem Markraum entfernt. Aus diesem Grund stellt die Entfernung des Nagels für den Patienten nur einen Eingriff mit minimalem Risiko dar. Auch das kosmetische Endergebnis ist befriedigend, da in der Regel nur eine etwa 2 - 3 cm lange Narbe

zurückbleibt.

In der 40-jährigen Erfahrung mit der Marknagelung nach Küntscher haben sich klare Indikationen herausarbeiten lassen, bei denen man mit dieser Methode der Knochenbruchbehandlung optimale Ergebnisse erzielen kann. Im Sinne einer strengen Indikation für die Marknagelung sind Querbrüche mit kleinem Keil im mittleren Schaftdrittel der unteren Extremität zu nennen. Unter günstigen Voraussetzungen im Markraum kann die Indikation auf Trümmer-, Biegungsbrüche mit langem Keil, Etagenbrüche im mittleren Schaftdrittel, auf Brüche proximal und distal des mittleren Drittels sowie auf zweit- und drittgradig offene Brüche erweitert werden. Um auch hier die Vorteile der Marknagelung ausnützen zu können, müssen vor allem im Hinblick auf die Stabilität gewisse Nachteile in Kauf genommen werden. Die Nagelung von Trümmerbrüchen ist nur im Sinne einer Adaptions-Osteosynthese zu sehen (65). Die Indikation zur Marknagelung im Bereich der oberen Extremität, bei der sie sich hauptsächlich auf den Oberarmschaft beschränkt, wird im Vergleich zur unteren Extremität von vielen Autoren eher zurückhaltend gestellt.

Der von L. Böhler (6,7) aufgestellten Regel, daß im Schockzustand nicht operiert werden sollte, kommt gerade heute bei der weiten Verbreitung der operativen Unfallchirurgie eine besondere Bedeutung zu. Die früher als Komplikation bei der Marknagelung gefürchtete Fettembolie ist als Folge eines nicht ausreichend behandelten Schockzustandes erkannt worden und läßt sich durch adäquate Schockbehandlung vor der Marknagelung auf ein Minimum begrenzen.

Die Marknagelung erst dann durchzuführen, wenn der Schock ausreichend behandelt und vollständig abgeklungen ist, ist auch zur Vermeidung von Infektionen, die als eine der gefürchtetsten Komplikationen bei allen Osteosyntheseverfahren gelten, von äußerster Wichtigkeit.

Um diesen Infektionen aus dem Wege zu gehen, ist es des weiteren notwendig, daß im Bereich der zu versorgenden Extremität saubere Hautverhältnisse herrschen und auf absolute Asepsis sowie Disziplin im Operationssaal geachtet wird (29).

1.4. Der Otte Plansee-Nagel eine Weiterentwicklung des Küntschnagel-Prinzips.

Den Vorteilen des Marknagelungsprinzips nach Küntscher stehen auch einige Nachteile gegenüber. Die Indikation zur Nagelung beschränkt sich vorwiegend auf Querbrüche im mittleren Schaft Drittel langer Röhrenknochen. Durch Aufbohren der Markhöhle wird es zwar möglich, einen für die Stabilität ausreichend dicken Marknagel einzubringen, eine elastische Querverklemmung, wie sie durch Knochenkrümmungen und Unebenheiten der Markhöhlenwand ermöglicht werden soll, ist jedoch nach Markraumaufbohrung unwahrscheinlich. Die Folge ist eine mangelnde Rotationsstabilität. Diese Mikrobewegungen der Knochenfragmente durch mangelnde Rotationsstabilität des Osteosynthesematerials führen zur Bildung eines Reizcallus (52).

Die Nachteile, die den herkömmlichen Marknägeln anlasten, waren der Impuls zum Überdenken des Marknagelprinzips. Durch eine veränderte geometrische Form wurde versucht, dem Marknagel mehr Rotationsstabilität zu geben. Andererseits sollte durch die Wahl eines biokompatiblen Implantatmaterials die Knochenbruchheilung verbessert und durch die Entwicklung eines neuen Ein- und Ausschlaginstrumentariums der Operationsablauf vereinfacht werden.

1.4.1. Der Otte-Plansee-Marknagel.

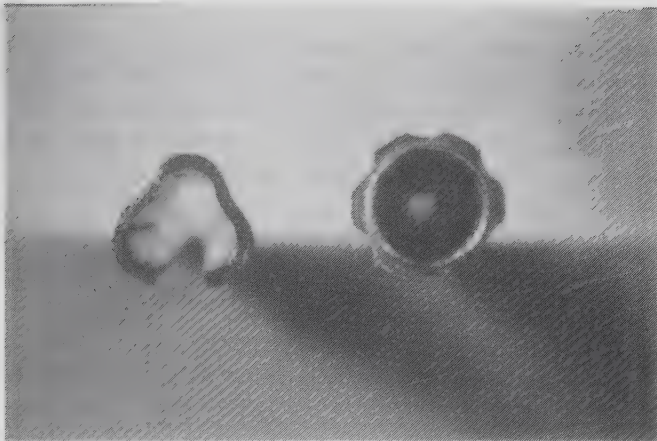


Abb. 2: Profil der Marknägel im Vergleich
rechts Otte-Plansee-Nagel,
links Küntscher Nagel

Aus den vorgenannten Überlegungen heraus entstand ein Nagel mit einem geschlossenen Querschnitt mit sechs scharfkantigen Kufen, die je ein Zwölftel eines Kreises darstellen. Dieses neue Design soll eine bessere Rotationsstabilität der Fragmente gewährleisten. Durch die zwischen den Kufen liegenden runden Nuten wird eine rasche Revaskularisierung des endostalen Knochens ermöglicht. Auf einen Längsschlitz wie beim Küntschnernagel wurde bewußt verzichtet, da die von Küntscher angegebene elastische Verformung des Nagels im Sinne einer Querverklebung Kräfte erfordern würde, die die Festigkeit des Knochens bei weitem übersteigen (59). Des weiteren könnte diese Verklebung bei der heutigen Marknagelungstechnik, d.h. 1 mm stärkeres Aufbohren des Markraumes als der Durchmesser des einzubringenden Nagels, theoretisch nur in der distalen Metaphyse auftreten, da dort üblicherweise auf das vollständige Aufbohren verzichtet wird (59).

Da in diesem Bereich bereits spongiöser Knochen vorliegt, sind die auftretenden Kräfte für eine Verformung des Nagels sicher zu gering. Die Wahl eines geschlossenen Querschnitts und die neue Formgebung verhelfen dem Otte-Plansee-Nagel unter anderem zu einer im Vergleich zum Küntschernagel vervierzigfachen Torsionsstabilität, die eine weitere Minimalisierung der Mikrobewegung im Frakturspalt und damit eine stabilere Osteosynthese ermöglicht (57).

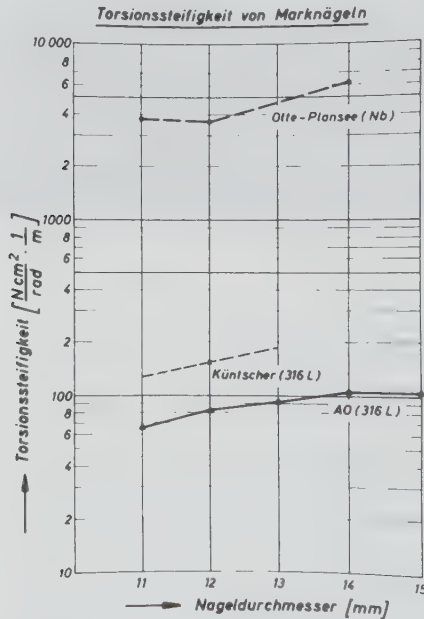


Abb. 3: Diagramm zur Messung der Torsionssteifigkeit von Marknägeln

Zur Herstellung des Nagels wurden nicht die heute für Osteosynthesematerialien üblichen rostfreien Stähle (3) verwandt, sondern es wurde versucht, ein Material zu finden, das eine weitgehende Korrosionsbeständigkeit auch bei abgesenkten pH-Werten und Verletzungen der Oberfläche, sowie größere Biegegewchselfestigkeit und bessere

plastische Verformbarkeit bei gleichbleibender Biegefestigkeit gewährleistet (53).

Die aufgestellten Forderungen können die beiden hochreaktiven Metalle Tantal und Niob bestmöglich erfüllen. Sie gehören in die Gruppe 5 des Periodensystem, deren kubischraumzentrierte Kristallgitter sechs Gleitebenen besitzen, wodurch sie sehr gut verformbar, verfestigbar und wenig rißanfällig sind. Ganz im Gegenteil zu den Metallen der Gruppe 4, wie z.B. Titan, Zirkon und Hafnium, die sich zu einem hexagonalen Kristallsystem mit nur einer Gleitebene zusammenfinden, was aber eine schlechtere Verformbarkeit und hohe Rißgefahr zur Folge hat (64,31).

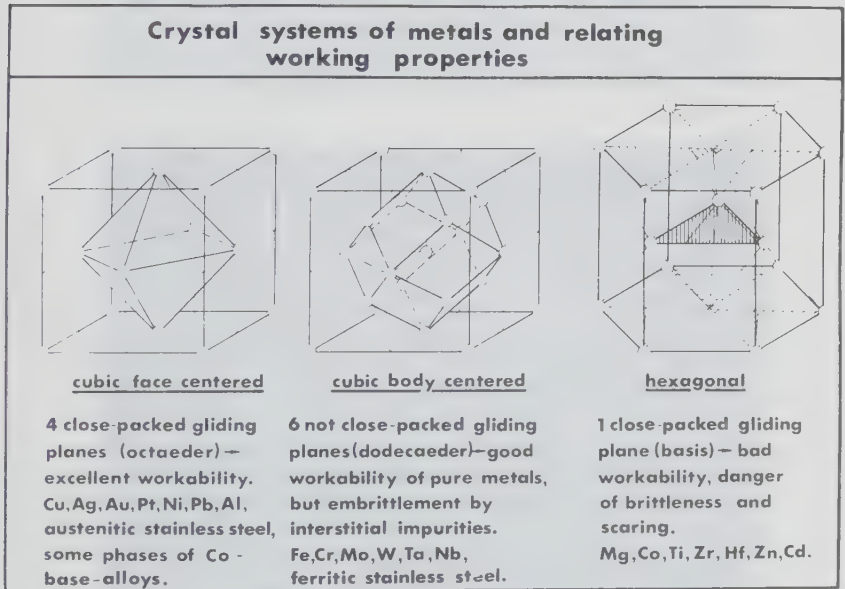


Abb. 4: Kristallsysteme von Metallen wie Tantal und Niob besitzen kubischraumzentrierte Gitter

Die Korrosionsstabilität, die einen wesentlichen Teil der Biokompaktibilität darstellt (48,74), verdanken diese hochreaktiven Metalle der Tatsache, daß sie sich in Gegenwart von Sauerstoff mit einer Tantal- bzw. Nioboxidschicht überziehen, die sehr stabil ist (50). Diese Passivschicht bewirkt, daß auch mit empfindlichsten Methoden kaum meßbar Teilchen das Material verlassen und auch nicht in Lösung gehen (12,55,56,64). Dadurch wird erreicht, daß das Implantat aus Niob und Tantal - im Gegensatz zu den heute verwendeten Legierungen - elektrochemisch gesehen fast reaktionslos im Körper liegt.

Etwaige Verletzungen der Passivschicht werden mit erneuter Ausbildung dieser Schicht beantwortet. Die hat den großen Vorteil, daß etwaige Verletzungen der Oberfläche beim Einbringen des Implantats in den Körper keine Praedilektionsstellen für Korrosion darstellen, wie sie im nächsten Bild zu sehen ist (14,15,49).

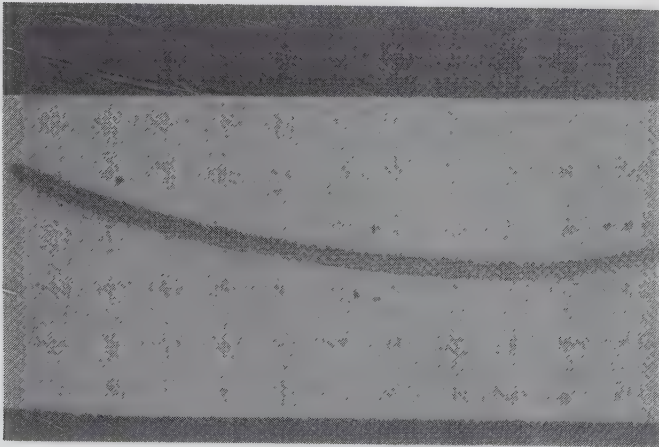


Abb. 5: Unterschenkel Küntschernagel aus
rostfreiem Stahl mit Korrosionsstellen



Abb. 6: Großaufnahme der einen Korrosionsstelle des vorhergezeigten Nagels



Abb. 7: Kratzspuren des Führungsspießes im Nagelinneren mit Korrosion

1.4.2. Das Einschlagwerkzeug.

Zur Erleichterung des Operationsablaufes wurde zusätzlich ein neues Ein- und Ausschlagwerkzeug für die Marknagel konstruiert. Es besteht aus einer Führungsstange, die zusammen mit einem Zwischenstück in ein Gewinde, das sich am proximalen Ende des Nagels befindet, eingeschraubt wird. Es bietet daher eine feste Verbindung zum Nagel und erlaubt dadurch ein genaues Dirigieren des Nagels, ohne große Kräfte aufzuwenden. Auf dieser eingeschraubten Stange wird ein Ringhammer geführt, mit dem über eine Schlaghülse der Marknagel eingetrieben werden kann. Auf dem hinteren Ende des Führungsrohrs ist ein Endstück aufgeschraubt, das jederzeit das Zurückschlagen des Marknagels erlaubt. Dies hat den Vorteil, daß man mit dem einmal aufgeschraubten Instrument sowohl vor- als auch wieder zurückschlagen kann. Es ermöglicht daher ein sehr subtiles Eintreiben des Nagels. Der Ringhammer, der durch den Führungsstab geführt wird, besteht aus Schwermetall, wodurch die Kräfte beim Einschlagen um ein erhebliches Maß reduziert werden.

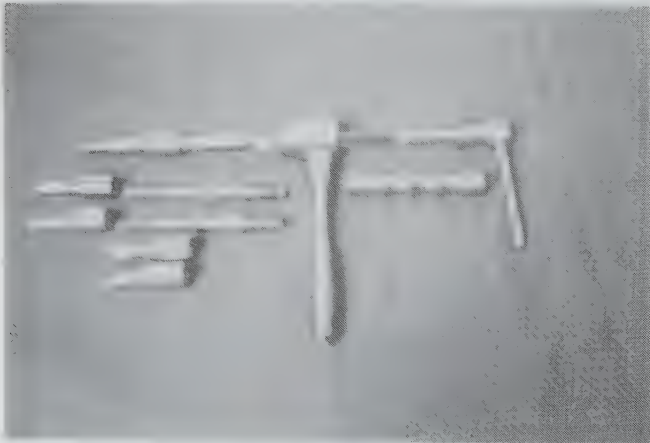


Abb. 8: Einschlagwerkzeug der neuen Generation

1.4.3. Der Otte-Plansee-Oberschenkel-Nagel

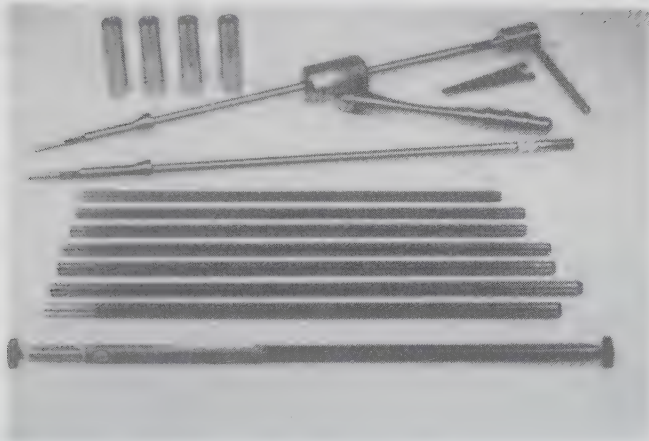


Abb. 9: Der Otte-Plansee-Oberschenkel-Nagel mit
Einschlagwerkzeug der ersten Generation.

Der Otte-Plansee-Femur-Nagel ist mit dem oben beschriebenen patentierten Profil ausgestattet. Er konnte durch die gewählten Materialeigenschaften in gerader Form hergestellt werden. Am distalen Ende ist der Nagel konisch zulaufend, wobei die Öffnung für den Führungsspieß bewußt sehr klein gehalten wurde, um zu vermeiden, daß der Nagel auf dem distalen Frakturstück reitet und sich so gegen das weitere Einschlagen sperrt. Am hinteren Teil des Marknagels befindet sich das Innengewinde, das zur Aufnahme des Einschlagwerkzeuges dient. Die einzelnen Marknagelstärken wurden hinten mit einer für den Durchmesser spezifischen Farbmarkierung versehen. Diese entstehen durch elektrochemische Verstärkung der Oxidschicht, wobei die jeweilige Oxidschichtdicke für die Farbe entscheidend ist. Sie bestehen also auch aus reinem Tantal- oder Nioboxid.

Da der Innendurchmesser des Nagels mit stärker werdendem Außendurchmesser einen wesentlich größeren Radius besitzt, wurden für die Aufnahme des Einschlaginstrumentariums drei verschiedene Gewinde gewählt:

Für die Nägel mit 11 und 12 mm Außendurchmesser wurde ein M 8 Gewinde,

für die mit 13 und 14 mm Durchmesser ein M 10 Gewinde und für die mit 15 und 16 mm ein M 12 Gewinde verwandt.

Daher existieren ebenfalls drei Zwischenstücke, auf die die jeweils passende Einschlaghulse aufgesteckt wird. Diese Zwischenstücke besitzen am hinteren Ende jeweils dasselbe Gewinde, auf das die Führungsstange aufgeschraubt werden kann.

1.4.4. Der Otte-Plansee-Unterschenkel-Nagel.



Abb. 10: Der Unterschenkel-Mark-Nagel mit
Einschlagwerkzeug

Bei der Unterschenkelnagelung kann der Marknagel nicht gerade in den Markraum eingetrieben werden. Es ist daher erforderlich, ein seitliches Loch an der Cortikalis anzulegen und von dort aus den Nagel einzuführen. Dies bringt jedoch mit sich, daß der Nagel beim weiteren Vortreiben in den Markraum den Weg eines Kreisbogens beschreiben muß, um nicht an der gegenüberliegenden Cortikalis wieder auszutreten. Aus diesem Grund werden an die Konstruktion des Unterschenkelnagels wesentlich höhere Anforderungen gestellt. Um diesen gerecht zu werden, wurde ein Nagel mit oben beschriebenem Profil gewählt, der nach drei verschiedenen Radien durchgehend gekrümmt ist. Zudem ist das Nagelende

auf der Seite, mit welcher er an der gegenüberliegenden Corticalis in Berührung kommt, stark abgeschrägt, sodaß eine Anspießung bei steilem Eintreibwinkel vermieden werden kann. Zusätzlich ist der Nagel im distalen Anteil um 1 mm schwächer. Durch diese Maßnahme kann ein Nagel gewählt werden, der im distalen Anteil 1 mm zu stark wäre, was aber im proximalen Bereich eine wesentlich bessere Schienung zur Folge hat. Das hintere Ende des Nagels wurde treppenförmig gestaltet, wodurch über den Knochen hinausragende Nagelteile vermieden werden. Der Nagel schließt mit seiner Treppenform plan am Knochen ab und hat durch diese Form die Möglichkeit, sich auch am oberen Teil des Einschlaglochs abzustützen. Die Treppenform hat gegenüber der schrägen Fläche den Vorteil, daß dadurch ein senkrechtcs Auftreffen der Kräfte vom Einschlaginstrument auf den Nagel gewährleistet ist. Die einzelnen Marknageldurchmesser sind wieder mit einer Farbmarkierung versehen. Von Seiten des Einschlaginstrumentariums werden dieselben Zwischenstücke verwendet wie beim Oberschenkelmarknagel. Die aufzusteckende Einschlaghülse besitzt nun angepasst an das Nagelende ebenfalls Treppenform. Das Aufschrauben des Führungsstabes und Einsetzen des Ringhammers geschehen auf gleiche Weise wie beim Oberschenkelmarknagel.



Abb. 11: Oberschenkelknochen mit eingeschlagenem
Otte-Plansee-Marknagel



Abb. 12: Unterschenkelknochen mit an der Knochenkontur
abschließendem Otte-Plansee-Marknagel

1.4.5. Der Otte-Plansee-Oberarm Nagel.



Abb. 13: Oberarmmarknagel mit Außengewinde

Der Oberarmnagel besitzt dasselbe Profil wie die anderen Marknägel. Auch der Oberarmmarknagel ist in drei Radien gekrümmt und besitzt zum Ein- und Ausschlagen ein Außengewinde, das nach dem Einschlag mit einer Gewebsschutzhülle verschlossen wird. Auf dieses Außengewinde wird ein speziell dafür konstruierter Einschlagbolzen aufgedreht

2. Ziele der Arbeit

Das Kufenprofil des Otte-Plansee-Nagels soll diesem eine bessere Rotationsstabilität im Knochen verleihen, wobei von der Überlegung ausgegangen wurde, daß sich die Kufen in den Knochen eingraben, in derselben Weise wie die Kufe dem Schlittschuh eine Führung auf dem Eis gewährleistet. Daher hat der erste Teil der Arbeit zum Ziel, die Rotationsstabilität gegenüber dem Küntschernagel experimentell biomechanisch nachzuprüfen.

Im zweiten Teil der Arbeit sollen erste klinische Erfahrungen mit dem Otte-Plansee-Nagel zur Darstellung kommen. Anhand von klinischen Fällen sollen die Heilungstendenzen auch bei erweiterter Indikation zur Marknagelung und Refrakturen mit Komplikationen, wie z.B. Pseudarthrosen und Osteomyelitiden, durch eine Fixierung mit dem Otte-Plansee-Nagel aufgezeigt werden.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Biomechanische Untersuchungen zur Rotationsstabilität.

3.1.1. Material und Methode.

Die Rotationsstabilität wurde an Femura gemessen, die jeweils paarweise Verstorbenen entfernt worden waren. Nach einer Röntgenkontrolle beider Knochen wurde in typischer Weise die Markhöhle eröffnet und anschließend über den gelegten Führungsspieß aufgebohrt. Daraufhin wurde im mittleren Schaftdrittel eine Osteotomie gesetzt und in den einen Knochen ein Otte-Plansee-Nagel, in den anderen ein Küntschernagel intramedullär eingeschlagen. Dabei wurde für die Nägel eine Länge gewählt, die den Nagel nach vollständigem Eintreiben etwa 6 cm über das Einschlagloch herausstehen ließ. Beide Nägel hatten einen mit einer Schublehre gemessenen gleichen Umfang. Daraufhin wurden die mit Osteotomie und Osteosynthese versorgten Femura komplett in einen quaderförmigen Gipsblock eingebettet. Es wurde hierbei darauf geachtet, daß die Einschlagstelle und der herausstehende Nagel von Gips frei blieben.

Das Einbetten des Versuchsobjekts in den Gipsblock brachte uns die Möglichkeit der festen Fixierung auf der Meßvorrichtung. Hierbei wurde der Gipsblock kraftschlüssig auf der Meßvorrichtung fixiert und das obere aus dem Markraum etwa 6 cm herausstehende Teil des Marknagels mittels eines modifizierten Jakobbohrfutters eingespannt. Das Jakobbohrfutter war an einem motorgetriebenen Hebel befestigt, der den im Bohrfutter eingespannten Marknagel im Femur drehte. Dieses System war mit einem Schreiber verbunden, der den vom Hebel zurückgelegten Weg in mm gegen die aufzuwendende Kraft in N aufzeichnete.

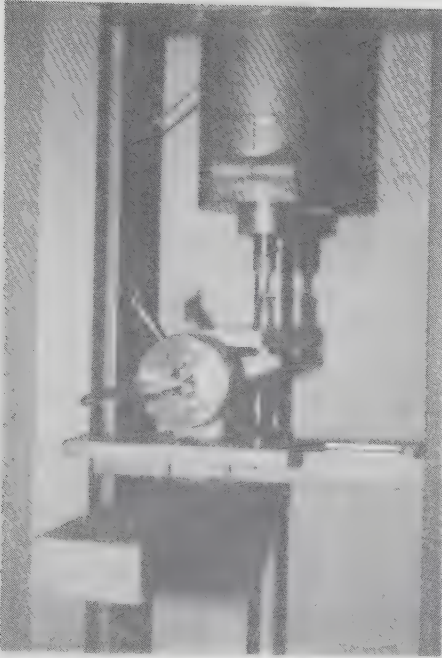


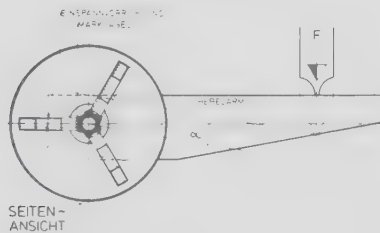
Abb. 14: Messvorrichtung mit
eingespanntem Nagel
von vorne gesehen



Abb. 15: Messvorrichtung von der Seite gesehen mit in
Gips eingegossenem, genagelten Oberschenkelknochen

3.1.2. Ergebnisse:

Bei dem jetzt paarweise durchgeführten Versuch erhielten wir dementsprechend jeweils zwei Diagramme, wobei die Kraft in Newton gegenüber dem vom Hebelarm zurückgelegten Weg in mm aufgezeichnet wurde. Das Drehmoment M ist der Abstand R vom Drehpunkt multipliziert mit der aufgewendeten Kraft F und dem Sinuswert des Verdrehwinkels α .



SCHEMAZEICHNUNG DER
EINSpanNVORRICHTUNG
FÜR DEN MARKNAGEL

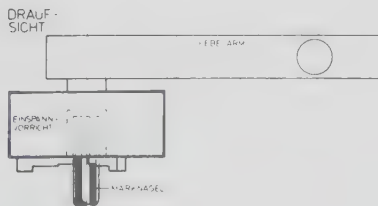


Abb. 17: Einspannvorrichtung für den Nagel im Schema

Die erhaltenen Meßwerte sind in folgenden Abbildungen festgehalten:

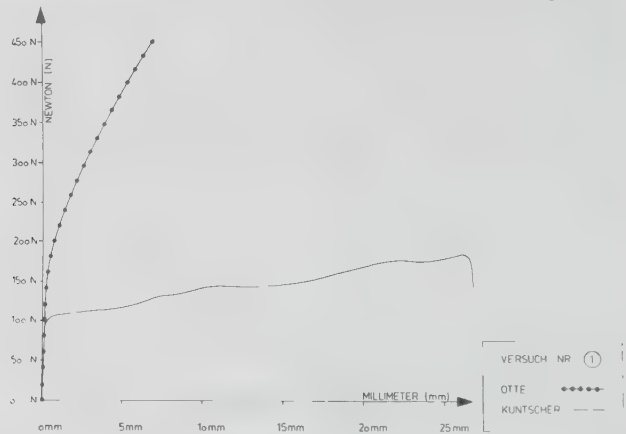


Abb. 18: Versuch Nr. 1

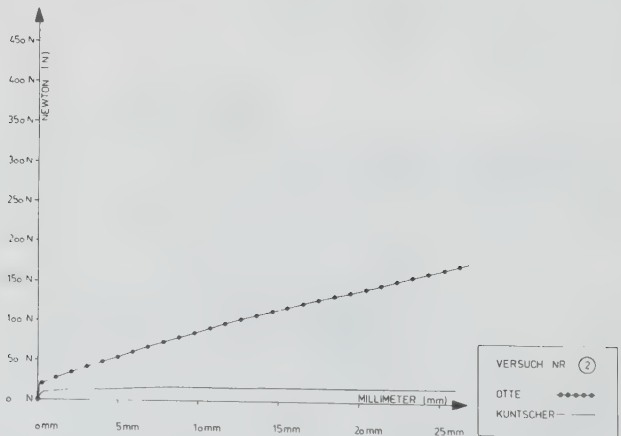


Abb. 19: Versuch Nr. 2

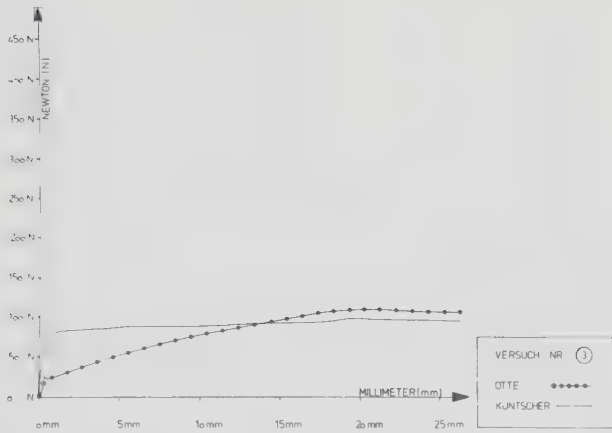


Abb. 20: Versuch Nr. 3

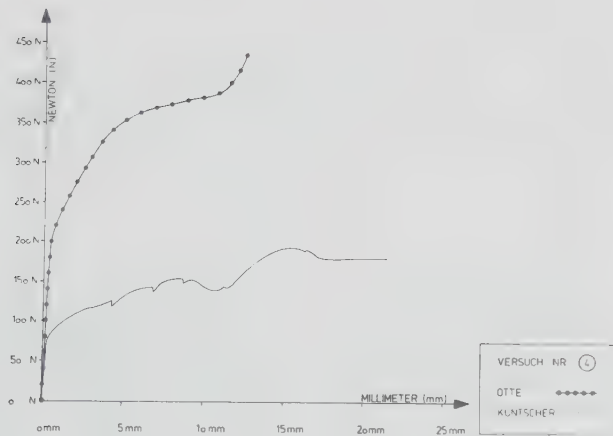


Abb. 21: Versuch Nr. 4

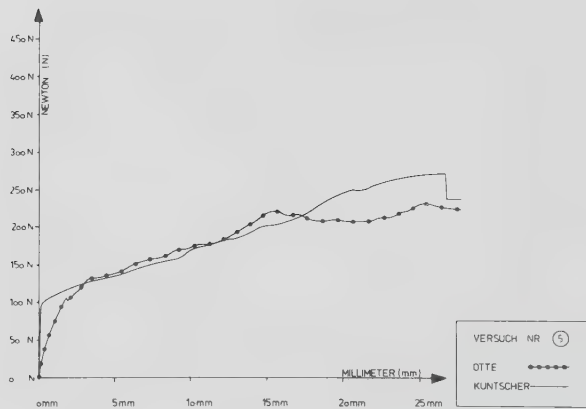


Abb. 22: Versuch Nr. 5

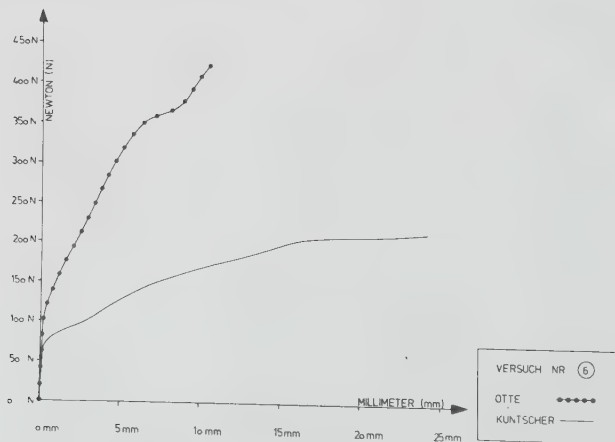


Abb. 23: Versuch Nr. 6

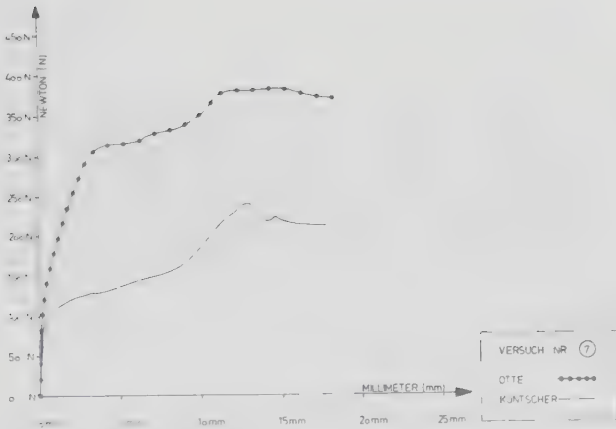


Abb. 24: Versuch Nr. 7

Nach Erhalt dieser Kurven wurde das Drehmoment für den Zeitpunkt der ersten relevanten Rotation des Nagels im Markraum berechnet. In diesem Falle ist der bis dahin zurückgelegte Weg vernachlässigbar klein, somit kann auch der Winkel Alpha vernachlässigt werden. Auch die Tatsache, daß der Abstand vom Drehpunkt sich erst bei größeren zurückgelegten Wegstrecken ändert, muß dieser demnach ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Daher berechnet sich das Drehmoment bei der ersten relevanten Rotation des Nagels aus folgender Formel:

$$M (N \times cm) = F (N) \times R (cm).$$

Tabelle 8: Kraft F (N) Drehmoment M (N*cm)

Versuch Nr.	Küntscher	Otte	Küntscher	Otte
1	100	150	760	1140
2	10	20	76	152
3	75	25	570	190
4	75	195	570	1482
5	100	108	760	820,8
6	72	110	547,2	836,0
7	80	100	608	760

3.2. Bisherige klinische Erfahrung.

3.2.1. Material und Methode.

In den letzten 3 Jahren wurden im Rahmen einer klinischen Studie bisher etwa 120 Patienten mit einem Otte-Plansee-Nagel versorgt. In dieser Arbeit sollen die klinischen Erfahrungen mit dem Otte-Plansee-Marknagel am Kreiskrankenhaus Volkach (Leiter Chefarzt Dr. Otte) dargestellt werden. Seit 1977 bis zum Januar 1983 wurden 50 Patienten mit einem Otte-Plansee-Nagel versorgt. Dabei kam in 23 Fällen ein Oberschenkelnagel, in 21 Fällen ein Unterschenkelnagel und in 6 Fällen ein Oberarmnagel zur Anwendung.

Die Patienten wurden soweit möglich einer Nachuntersuchung unterzogen, die in der Regel zwischen einem Dreivierteljahr und 1 1/2 Jahre nach der stationären Entlassung durchgeführt wurde. Zur statistischen Erfassung der Untersuchungsergebnisse wurde ein standardisierter Bogen ausgearbeitet. Dieser gibt abgesehen von den wichtigsten Daten des Patienten, die genaue Diagnose, Nebenverletzungen, Datum des Unfalls und der Operation, die Nagelungstechnik sowie den postoperativen Röntgenbefund an. Im zweiten Teil wurden die Nachuntersuchungsergebnisse festgehalten, die Auskunft geben über die Erstbelastung, die klinische Beurteilung der Wundheilung, etwaige Entzündungsanzeichen, über Schmerzen bei Belastung, Gangbild, Beweglichkeit der einzelnen Gelenke sowie Sensibilität und Durchblutung der versorgten Extremität und abschließend den Röntgenbefund bei Nachuntersuchung.

Wegen der relativ geringen Patientenzahl und der verschiedenen Indikationen zur Marknagelung ist eine regelrechte statistische Erfassung der bisherigen Ergebnisse nicht möglich. Es schien daher sinnvoll, eine tabellarische Auflistung aller Fälle anzufertigen, die über die Verletzungsart und die Nachuntersuchungsergebnisse Auskunft gibt. Wegen der Verschiedenartigkeit der Indikationsstellung wurde darüber eine eigene Tabelle angefertigt. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß etwa 16 % der Fälle Sekundärversorgungen von nicht verheilten Frakturen darstellen. Wegen der Vielschichtigkeit gerade dieser Fälle, erschien es notwendig, sie in kurzen Zügen darzustellen.

3.2.2. Ergebnisse.

In den nachfolgenden Tabellen werden die bisherigen klinischen Erfahrungen mit Otte-Plansee-Nägeln aus Tantal und Niob zusammengefasst. Es wäre noch zu erwähnen, daß etwa 1979 Tantal durch Niob ersetzt worden ist, das bei gleicher Biokompatibilität und weitgehend identischen physikalischen und chemischen Eigenschaften wesentlich geringer im Gewicht und günstiger im Preis ist.

Tabellen siehe nächste Seite

Otte-Plansee-Oberschenkel-Marknägel

Patient	Geburts-tag	Unf. tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
1.R.E.	28. 5.56	1. 7.76	Oberschenkelfraktur li., offene Unterschenkel- trümmerfraktur li.	16. 7.76 21. 7.76 25. 7.77 12. 8.77	Oberschenkel- Küntscher Küntscher Nagelentfernung Oberschenkel OS Tantal Ø 13 mm Refraktur	Knöcherne Konsolidierung, endgradige Bewegungsein- schränkung im oberen Sprung- gelenk. Gangbild mit ortho- pädischem Schuhwerk schmerz- frei und flüssig
2.O.H.	6. 8.59	26. 4.78	Oberschenkelstück- fraktur rechts	13. 2.78 24.11.78 25. 6.79	Nagelentfernung US u. Tantal US-Nagel Nagelentfernung OS Nagelentfernung US	
3.E.K.	12. 2.62	13. 8.78	OS-Fraktur re.	23. 8.78 3. 1.79	Tantal Ø 13 mm Nagelentfernung	Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung bei guter Funktion
4.W.R.	8. 7.60	13. 8.78	Offene OS-Fraktur re.	23. 8.78 14. 5.79	Tantal Ø 14 mm Nagelentfernung	Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung bei guter Funktion
5.W.T.	9.12.25	14. 9.78	OS-3-Etagenfraktur in Schaftmitte	22. 9.78 12. 3.79	Tantal Ø 12 mm Nagelentfernung	Primäre Wundheilung. Knöcher- ne Konsolidierung in guter Stellung bei guter Funktion
6.S.A.	5. 4.21	3.12.78	Subtrochantäre OS-Fraktur rechts	6.12.79	Tantal	Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung bei guter Funktion pat. verstorben wegen Herz- klappenfehlers im Herz- Kreislaufversagen.

Otte-Plansee-Oberschenkel-Marknägel

Patient	Geburtstag	Unf.tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
7.F.E:	19. 9.58	Jun1 78	Stückbruch am Übergang mittleres zum prox. Drittel li. Oberschenkel, primär	Jun1 78	Offene Küntscher-Nagelung mit 3 Drahtcerclagen und antologer Spongiosa (auswärts)	Keine knöcherne Konsolidierung, Varusverbiegung, Beinverkürzung 2 cm
8.B.B.	27. 6.08	21. 5.79	Subtrochantäre OS-Fraktur li., Calca-neusfraktur re.	9. 7.79	Tantal-Nagel Ø 12 mm	Knöcherne Konsolidierung. Voller Ausgleich der Varusverbiegung und damit der Beinverkürzung.
9.W.M.	6. 6.97	8.10.79	Subtrochantäre OS-fraktur re., Zustand nach subtr.OS-Frak-tur li. 1971 (m.Küntscher-Nagel versorgt)	28. 5.79 13.11.80	Niob-Nagel Ø 12 mm Nagelentfernung	Knöcherne Konsolidierung. Gangbild mit orthopädischen Schuhen (Calcaneusfraktur) zufriedenstellend.
10.W.B.	3. 3.58	1. 6.77	OS-Fraktur im mittleren Drittel Infektpseudarthrose bei chron. Osteo-mielitis. Zustand nach US-Amputation wegen chron. Osteo-mielitis	15.10.79	Niob-Nagel Ø 10 mm	Primäre Wundheilung, achsengerechte Stellung. Am 18.3.80 verstirbt die Pat. im Herz-Kreislauf-versagen.
11.M.R.	17.11.30	23. 4.79	Prox.Femurfraktur li.	9. 1.80	Entfernung der PMMA-Kette sowie der Knochensequen-ster, Niob-Nagel Ø 11 mm. Systemische testge-rechte Antibiotika-gaben	Primäre Wundheilung, achsengerechte Stellung. Knöcherne Konsolidierung der Fraktur.
		25. 4.79		25. 4.79	Op. m. Platte (aus-wärts)	Knöcherne Konsolidierung in achsengerechter Stellung bei guter Funktion.
		21. 5.80		21. 5.80	Niob-Nagel Ø 12 mm	

Otte-Plansee-Oberschenkel-Marknägel

Patient	Geburtstag	Unf.tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
12.L.H.	12. 1.61	22. 5.80	OS-Fraktur re. m.Biegungskeil	23. 5.80 7. 4.81	Niob-Nagel Ø 13 mm Nagelentfernung	Fraktur knöchern vollständig konsolidiert. Biegungskeil röntgenologisch nicht mehr zu identifizieren. Achsenge- rechte Stellung bei guter Funktion.
13.E.A:	1. 7.31	14. 4.79	Subtrochantäre Femurfraktur li.	25. 4.79 28. 5.80	Plattenosteosyn- these und Draht- cerclage(auswärts) Niobnagelung Ø 12mm nach Entfernung der Platte, Schraube u. Drahtcerclage	Knöcherne Konsolidierung bei achsengerechter Stellung und guter Funktion.
14.S.E.	4. 6.69	24. 5.80	OS-Fraktur li. Offene US-Frak- tur re.	30. 5.80	Niob-Nagel Ø 9 mm Primäre Versorgung der offenen US- Fraktur mit Fixa- teur extern.	Bei Entlassung achsengerechte Stellung. Primäre Wundheil- lung. Nachuntersuchung nicht möglich.
15.B.R.	27. 9.71	8. 7.80	OS-Fraktur li. im mittleren Drit- tel, proximal US- Fraktur li.	16. 7.80	Niob-Nagel für OS-Fraktur Ø 9 mm	Knöcherne Konsolidierung. Achsengerechte Stellung. Gute Funktion.
16.M.R.	10. 6.23	5. 3.81	Proximale OS-Frak- tur li. Zustand n. alter OS-Fraktur	9. 3.81	Niob-Nagel Ø 13 mm	Knöcherne Konsolidierung. Achsengerechte Stellung. Gute Funktion.
17.W.B.	11. 7.31	---	Zustand bei multip- ler Metastasierung eines Plasmacytoms im Bereich des re. Oberschenkels.	10. 2.81	Verbundosteosyn- these mit Niob- Nagel.	Patientin verstarb an Grunderkrankung.

Otte-Plansee-Oberschenkel-Marknägel

Patient	Geburts-tag	Unf. tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
18.H.R.	1. 6.63	1.10.81	offene Oberschenkel-fraktur re. mit med. Bieungskeil med. Drittel	2.10.81	Niob-Nagel Ø 12 mm	Knöcherne Konsolidierung. Bieungskeil nicht mehr sichtbar, keine Bewegungs-einschränkung.
19.S.G.	21. 1.63	14.11.81	Oberschenkelfrak-tur re. med.Drittel	25.11.81	Niob-Nagel Ø 13 mm	Knöcherne Konsolidierung in achsensgerechter Stellung. Gute Funktion.
20.B.M.	13. 2.38	3. 1.82	proximale Oberschenkel-trümmerfraktur li. Ischiaticusläsion (2)	8. 1.82 19. 2.82	Niob-Nagel Ø 12 mm Niob-Nagel Ø 12 mm u. Drahtcerclagen	Knöcherne Konsolidierung in achsensgerechter Stellung. Verkürzung 1, 5 cm endgradig im Hüftgelenk ein- geschränkt.
21.B.K.	5.11.64	5. 2.82	offene Oberschenkel-fraktur li.	17. 2.82	Niob-Nagel Ø 11 mm	Knöcherne Konsolidierung in achsensgerechter Stellung. Gute Funktion.
22..K.	6. 1.74	1. 6.82	offene Oberschenkel-fraktur	9. 6.82 1.83	Niob-Nagel Ø 9/10mm Entnagelung	Knöcherne Konsolidierung. Gute Funktion.
23.F.R.	20. 4.57	10.70	Zust.n.Oberschenkel-(1) fraktur (2) Zust.n.Verlängerungs(3) osteotomie mit Pseud(4) arthrose (5)	3. 1.83		

Otte-Plansee-Unterschenkel-Marknägel

Patient	Geburstag	Unf. tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
1.R.L.	28. 5.56	1. 7.76	s. unter Nr. 1 bei OS-Marknägel			Knöcherne Konsolidierung. Gute Funktion.
2.S.T.	23. 8.40	7. 1.80	Tibiaquerfraktur li.	16.	1.80 Niob-Nagel Ø 11 mm	Knöcherne Konsolidierung Gute Funktion
3.G.F.	5. 1.60	1. 9.79	Distale US-Fraktur li. Zustand nach AO-Platten- osteosynthese, Sekundär- infektion	4. 9.79 21.12.79	Plattenosteosyn- these (auswärts) Entfernung des keine Stabilität bietenden Osteo- synthesematerials	Verzögerte Heilung bei Sekundärinfektion. Knöcherne Konsolidierung. Kein Hinweis für Osteitis. Achsenrechte Stellung ohne Belastbarkeit.
4.P.G.	11. 4.50	10. 8.80	Unterschenkelstück- fraktur re.	9. 2.80 13. 8.80	Niob-Nagel Ø 12 mm systemische Anti- biotikagaben. Niob-Nagel Ø 12 mm	Nach Nagelung Durchbau der Fraktur mit voller Belastbar- keit und guter Funktion. Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung und Funktion.
5.B.A.	24. 1.25	5.12.80	offene Unterschenkel- fraktur li.	19.12.80	Niob-Nagel Ø 11 mm	Knöcherne Konsolidierung in guterStellung und Funktion.
6.P.J.	10. 6.23	26. 2.81	offene Unterschenkel- fraktur re.	4. 3.81	Niob-Nagel Ø 12 mm	Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung und Funktion.
7.G.T.	28. 6.64	12. 4.81	offen Unterschenkel- fraktur li.	15. 4.81	Niob-Nagel Ø 13 mm	Knöcherne Konsolidierung in guter Stellung und Funktion.
8.S.L.	7.1.59	20. 4.81	Unterschenkel- fraktur li.	22. 4.81	Niob-Nagel Ø 11 mm	Knöcherne Konsolidierung bei reizlos liegendem Nagel.

Otte-Plansee-Unterschenkel-Marknägel

Patient	Geburts-tag	Unf.tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
9.G.T:	29. 6.64	12. 4.81	Offen Unterschenkel-fraktur li.	15. 4.81	Niob-Nagel Ø 11 mm	Primäre Wundheilung Knöcherne Konsolidierung.
10.S.L.	7. 1.59	20. 4.81	Offene Unterschenkel-fraktur li.	22. 3.81	Niob-Nagel Ø 11 mm	Primäre Wundheilung. Knöcherne Konsolidierung.
11.S.M.	5. 2.66	12. 6.81	Unterschenkel-fraktur li.	24. 6.81	Niob-Nagel Ø 11 mm	Vollständige Konsolidierung, gute Funktion und achsen-gerechte Stellung.
12.H.F.	18. 9.65	21.11.81	Unterschenkel-fraktur re.	8. 1.82	Nagelentfernung	Vollständige Konsolidierung, gute Funktion und achsen-gerechte Stellung. 43
13.S.M.	25. 1.26	17.12.81	Unterschenkel-fraktur re.	23.11.81	Niob-Nagel Ø 11 mm	Vollständige Konsolidierung, gute Funktion und achsen-gerechte Stellung.
14.H.H.	24. 5.22	16. 1.82	Distale Unterschenkel-fraktur li.	19. 3.82	Nagelentfernung	Vollständige Konsolidierung, gute Funktion und achsen-gerechte Stellung.
				18.12.81	Niob-Nagel Ø 12 mm	
				6.12.82	Nagelentfernung	
				27. 1.82	Niob-Nagel Ø 11 mm	Bei Entlassung beginnende Konsolidierung, endgradige Bewegungseinschränkung in bd. Sprunggelenken.Verl. nach Coburg
15.A.A.	20. 6.55	22. 1.82	Unterschenkel-fr.re. distales Drittel Deckplatteneinbruch LWK-1-Beckenringfraktur	27. 1.82	Niob-Nagel Ø 11 mm	Vollständige Konsolidierung, achsen-gerechte Stellung, Peroneus-paralyse durch Wurzelirritation, sonst frei beweglich.

Otte-Plansee-Unterschenkel-Marknägel

Patient	Geburtstag	Unf.tag	Verletzungsart	OP	Marknageltyp	Spätergebnis
16.K.T.	16. 9.53	15. 2.82	Unterschenkel-fraktur li.	15. 2.82	Niob-Nagel Ø 11 mm	Vollständige Konsolidierung, achsengerechte Stellung, gute Funktion.
17.H.W:	15.10.40	7. 11.81	Zust.n.konservativ versorgter Unterschenkelfraktur re.	12. 3.82	Niob-Nagel Ø 11 mm	Vollständige Konsolidierung, achsengerechte Stellung, gute Funktion.
18.U.N.	17. 8.56	9. 5.82	Unterschenkelfraktur re.dist.Drittel	17. 5.82	Niob-Nagel Ø 12/11mm	Vollständige Konsolidierung, achsengerechte Stellung, gute Funktion.
19.K.F.	18. 8.27	25. 7.82	Unterschenkel-fraktur re.	6. 8.82	Niob-Nagel Ø 12/11mm	Vollständige Konsolidierung, achsengerechte Stellung, gute Stellung
20.B.G.	28. 8.63	26. 9.82	Unterschenkel-fraktur re.	27. 9.82	Niob-Nagel Ø 12/11mm	Knöcherne Konsolidierung, achsengerechte Stellung, gute Funktion.

Tabelle der Oberschenkel-Marknagelungsindikation

Indikation	Fall - Nr.	n	n
1 a klassisch:	1,3,12,14,15,19	6	10
1 b klassisch offen:	4,18,21,22	4	
2 a erweitert:	2,5,6,8,9,16,20	7	7
2 b erweitert offen	- - - - -		
3 sekundär	7,10,11,13,17,23	6	6
Gesamt			23

Klinisches Spätergebnis

	1 a	1 b	2 a	2 b	3	
gutes Ergebnis:	6	4	4	-	5	= 19
befriedigendes:	-	-	1	-	-	= 1
mäßiges Ergebnis:	-	-	-	-	-	= -
schlechtes " :	-	-	-	-	-	= -
verstorben:	-	-	-	2	1	= 3
Gesamt	6	4	5	2	6	= 23

Tabelle der Unterschenkel-Marknagelungsindikation

Indikation	Fall - Nr.	n	$\tilde{n}$
1 a klassisch:	2,5,8,11,12,13,16,21	8	12
1 b klassisch offen:	6,7,9,10	4	
2 a erweitert:	4,14,15,18,19	5	6
2 b erweitert offen:	1	1	
3 sekundär	3,17	2	2
Gesamt			20

Klinisches Spätergebnis

	1 a	1 b	2 a	2 b	3	
gutes Ergebnis:	8	4	4	1	2	= 19
befriedigendes:			1			= 1
mäßiges Ergebnis:	-	-	-	-	-	-
schlechtes " :	-	-	-	-	-	-
verstorben :	-	-	-	-	-	-
Gesamt:	8	4	5	1	2	= 20

3.2.3. Einzelne Falldarstellungen

Fall O. S. 7:

Der Patient zog sich bei einem PKW-Unfall im Juni 1978 eine Oberschenkelfraktur links zu und wurde in einem auswärtigen Krankenhaus mit einem Küntschnernagel und Drahtcerclagen sowie einer autologen Spongiosaplastik versorgt.

Bei der Aufnahme ein Jahr später am 7.7.1979 zeigte sich folgender Befund:

Die Oberschenkelmuskulatur links war deutlich atrophiert (Umfangmaße 20 cm oberhalb des medialen Gelenkspaltes li.40,5, re.46 cm). Das linke Bein war gegenüber dem rechten um etwa 2 1/2 cm verkürzt, was zu einem Beckenschiefstand links führte. Klinisch zeigte sich eine deutliche Varusverbiegung und eine spindelförmige Auftreibung ohne äußere Entzündungszeichen bei reizlosen Narbenverhältnissen im Bereich der Oberschenkelmitte.

Die Röntgenaufnahme des linken Oberschenkels in zwei Ebenen zeigt das proximale Ende des Küntschnernagels um etwa 4 cm aus dem Trochantermassiv herausragen. Die Fraktur selbst war knöchern nicht konsolidiert, der Küntschnernagel wies in der ap-Ebene am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel eine Abknickung im Sinne einer Varusstellung von etwa 25 Grad auf. Die distale Drahtcerclage war zerbrochen.

Nach Entfernung des Küntschnernagels und der Drahtcerclage am 9.7.1979 erfolgte in gleicher Sitzung eine intramedulläre Stabilisierung mittels eines Otte-Plansee-Nagels. Die postoperative Röntgenaufnahme des linken Oberschenkels in zwei Ebenen zeigt eine achsengerechte Stellung der Frakturfragmente in beiden Ebenen. Die vorher bestandene Verkürzung des linken Beines wurde vollständig ausgeglichen.

Nach intensiver medicomechanischer Behandlung konnte der Patient am 2.8.1979 erstmals das Bein wieder voll belasten und wurde daher am 8.8.1979 bei subjektiver Beschwerdefreiheit und nahezu normalem Gangbild aus der stationären Behandlung entlassen.



Abb. 25 Röntgenbild mit liegendem Küntschernagel und Drantcerclagen

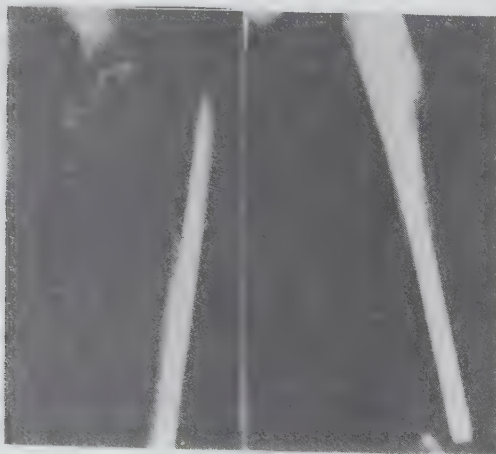


Abb. 26: Zustand nach Otte - Nagelung

Durch alleinige Stabilisierung der Fraktur durch einen genügend starken Otte-Plansee-Nagel kommt es zur problemlosen Konsolidierung der Fraktur bei guter Funktion. Bei subjektiver Beschwerdefreiheit und uneingeschränkter Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke konnte Anfang 1983 der Nagel entfernt werden.



Abb. 27: Röntgenkontrolle nach Frakturausheilung

Fall O.S. 10

Der Patient zog sich am 1.6.1977 bei einem Motorradunfall eine komplizierte Oberschenkelfraktur und drittgradig offene Unterschenkeltrümmerfraktur links zu und wurde in einem auswärtigen Krankenhaus osteosynthetisch versorgt. Im weiteren Verlauf mußte wegen chronischer Osteomyelitis der Unterschenkel amputiert werden. Wegen weiterer bestehender Infekt pseudarthrose der Oberschenkelfraktur wurde eine Oberschenkelamputation in Betracht gezogen.

Bei der Aufnahme in das Kreiskrankenhaus Voikach am 3.1.1980 ergab sich folgender Befund:

Etwa 15 cm langer Unterschenkelamputationsstumpf mit reizlosen Narbenverhältnissen. Der atrophierte Oberschenkel zeigte eine 12 cm lange und bis 1 1/2 cm breite, eingesunkene und reizlose Narbenbildung auf der medialen Seite. Daran anschließend, im Abstand von 4 cm parallel verlaufend, fand sich eine 18 cm lange, gerötete Narbenbildung, mit einer Dehiszenz im mittleren Bereich, aus der sich gelbliche Flüssigkeit entleerte. Auf der lateralen Seite zeigte sich ebenfalls eine 23 cm lange gerötete Hautnarbe. Die übrigen Narben waren reizlos.

Die ap-Röntgenaufnahme des linken Oberschenkels zeigte bei nahezu achsengerechter Stellung der Frakturfragmente eine knöchern nicht konsolidierte Fraktur mit einer Unterbrechung der lateralen Corticalis um 5 cm. Im Frakturbereich stellte sich eine Gentamycinkette mit 18 Kugeln dar, die sich größtenteils in der Markhöhle befand. Nach Entfernen der Gentamycinkette wurde am 9.1.1980 der Oberschenkel mit einem Otte-Plansee-Nagel versorgt.

Die postoperative Röntgenaufnahme des li. Oberschenkels in 2 Ebenen zeigte eine achsengerechte Stellung der Frakturfragmente bei ideal in der Markhöhle liegendem Nagel.

Im weiteren Verlauf wurde unter hoher Antibiotikagabe und Kompression auf Braun'scher Schiene eine weitgehende Beruhigung des osteomyelitischen Prozesses erreicht. 3 Wochen später konnte der Patient bei reizlos liegendem Nagel mit Bewegungsübungen beginnen, wobei die

Beweglichkeit im Kniegelenk fast vollständig wieder hergestellt werden konnte.

Die Röntgenaufnahme vom 9.2.1980 zeigte den beginnenden Durchbau der Fraktur. Für weitere osteolytische Reaktionen gab es keinen Anhalt mehr. So konnte der Patient nach 4 1/2 Wochen bereits belasten. Die Entlassung aus der stationären Behandlung erfolgte am 23.2.1980.

Bei der Kontrolluntersuchung 1 1/2 Jahre später zeigte sich im Röntgenbild der völlige Durchbau der Fraktur, ohne Hinweise auf osteolytische Vorgänge. Es bestand noch eine Streckhemmung des Unterschenkelstumpfes von etwa 10 Grad. Subjektiv war der Patient beschwerdefrei. Das Gehen mit einer Unterschenkelprothese bereitet ihm keine Schwierigkeit.

Abb. 28: Röntgenbild bei
Aufnahme mit lie-
gender Gentamycin-
kette



Abb. 29: Zustand nach
Nagelung mit
Otte - Nagel





Abb. 30: Der Patient
4 1/2 Wochen
nach Nagelung



Abb. 31: Röntgenbild nach
Frakturausheilung
1 1/2 Jahre später

Fall O.S. 11:

Der Patient wurde am 23.4.1979 wegen einer proximalen Trümmerfraktur mit einer Platte versorgt. Am 19.5.1980 wurde der Patient im Kreiskrankenhaus Volkach zur Plattenentfernung bei durchbauater Fraktur aufgenommen. Da jedoch nach Entfernung der Platte bei einer bestehenden Osteoporose die Gefahr bestand, daß der Oberschenkel bei Belastung erneut frakturiert, wurde er zur Stabilisierung mit einem Otte-Plansee-Nagel versorgt. Damit wurde dem schwer diabeteskranken Patienten das sofortige vollständige Belasten der Extremität ermöglicht.



Abb. 32: mit Platte



Abb.33: mit O-P-Nagel

Fall O.S. 23

Die Patientin erlitt im Dezember 1970 mit 12 Jahren einen PKW-Unfall und zog sich dabei eine Beckenfraktur links, Oberschenkelfraktur links, Humeruskopffraktur links und Fibiakopffraktur rechts zu. Wegen nicht achsengerechter Stellung mußte die Oberschenkelfraktur mehrfach refrakturiert werden. Als Folge dieses Unfalls sei eine Wachstumsverzögerung des linken Beines mit einer Verkürzung gegenüber rechts aufgetreten. 1974 wurde eine Verlängerungsosteotomie mit dreivierteljähriger Ruhigstellung im Beckengips und Versorgung mit Küntschernagel und Spananlagerung durchgeführt. Im Januar 1980 sollte die jetzt noch bestehende Verkürzung des linken Oberschenkels mittels Verlängerungsosteotomie ausgeglichen werden. Dabei kam es jedoch im Juni 1980 zum Abreißen der Schraubenköpfe der verwendeten Platte. Es wurde eine Reosteosynthese mit einer neuen Winkelplatte durchgeführt. Im Oktober 1980 brach diese Platte erneut, und die Patientin wurde in einem anderen auswärtigen Krankenhaus mittels eines Verriegelungsnagels versorgt. Am 30.12.1982 verspürte die Patientin starke Schmerzen im Bereich des distalen Oberschenkels. Es bestand eine ausgeprägte Schwellung im distalen, lateralen Anteil des Oberschenkels. Daraufhin kommt die Patientin zur stationären Behandlung in das Kreiskrankenhaus Volkach.

Die Röntgenaufnahme des Oberschenkels in zwei Ebenen zeigt einen Bruch des Verriegelungsnagels in Höhe des oberen der zwei distalen Schraubenlöcher.

Daher wird am 3.1.1983 der gebrochene Küntschernagel entfernt und die pseudarthrotische Fraktur mit einem Otte-Plansee-Nagel versorgt.

Die Oberschenkel-Röntgenaufnahme in zwei Ebenen post operationem zeigt eine ideale Stellung der Frakturfragmente bei gut liegendem Nagel.

Im weiteren Verlauf konnte die Patientin am 3. Tag nach der Operation bereits schmerzfrei teilbelasten. Eine Woche nach Op. war bereits freies Gehen möglich.

Bei der Kontrolluntersuchung 3 Monate später zeigte sich die Patientin völlig beschwerdefrei mit freier Beweglichkeit in allen angrenzenden Gelenken.

Das Röntgenbild des Oberschenkels in zwei Ebenen zeigt guten Durchbau der Fraktur.



Abb. 34:
zeigt die pseudarthro-
tische Fraktur mit ge-
brochenem Küntschernagel



Abb. 35: Röntgenkontrolle nach 3 Monaten

Fall JS 1

18-jähriger Patient erlitt am 1.7.1976 einen schweren Motorradunfall.

Diagnose: Schock, Oberschenkelfraktur links, III. gradig
offene Unterschenkeltrümmerfraktur links.



Abb. 36: Unfallbild Unterschenkel.

Die Primärversorgung bestand in einer intensiven Schocktherapie, Tetanussimultanimpfung sowie primäre Wundversorgung nach ausgiebigem Wunddebridement. Reposition der Fraktur und Dauerzugextension durch Oberschenkel- sowie Fersenbeindrahtextension.

Am 16.7.1976 erlaubte der Allgemeinzustand die Oberschenkel-Küntscher-Nagelung, am 21.7.1976 die Unterschenkel-Küntschernagelung.



Abbildung 37:

Zustand nach Unterschenkel-Küntschnagelung.

Im Oberschenkelbereich erfolgte die Wundheilung primär. Am Unterschenkel entwickelte sich jedoch eine Osteomyelitis mit einer Wundheilungsstörung. Nach Sequestrentfernung sowie mehreren plastischen Eingriffen erfolgte am 17.3.1977 die stationäre Entlassung.

Am 25.7.1977 wurde nach knöcherner Konsolidierung der Oberschenkel-fraktur die Nagelentfernung durchgeführt. Eine traumatische Refraktur des Oberschenkels am 12.8.1977 mit einem 13 mm dicken Tantalnagel versorgt. Hier war die Wundheilung primär.



Abb. 38:
Röntgenkontrolle nach Tantalnagelung einer
Refraktur fast 2 Monate post op.

Am 26.1.1978 klagt der Patient über Sprunggelenksbeschwerden bei Rötung, Schwellung, Überwärmung im oberen Sprunggelenksbereich links. Eine Röntgenkontrolle zeigt den Einbruch des Küntschernagels in das obere Sprunggelenk bei osteomyelitischen Schub.

Nach Antibiotikagabe und Abklingen des osteomyelitischen Schubes wird am 13.02.1978 der Küntschernagel entfernt und durch einen Tantal-Nagel ersetzt.



Abb. 39:

Linker Unterschenkel in zwei Ebenen mit
Tantal-Otte-Plansee-Marknagel versorgt.

In der Folge kommt es zur primären Wundheilung und der Patient konnte am 18.3.1978 bei reizlosen Narbenverhältnissen entlassen werden. Entfernung des Oberschenkel-Tantal-Nagels am 24.11.1978. Postoperativ komplikationsloser Heilverlauf. Die Entfernung des Unterschenkel-Marknagels erfolgte am 25.6.1979. Auch hier war der postoperative Verlauf komplikationslos. Die Wunde heilte p.p. In der Folgezeit traten keine Anzeichen eines neuen osteomyelitischen Schubes auf.

Eine Nachuntersuchung im März 1980 ergab reizlose Narbenverhältnisse, keine Entzündungszeichen. Beinverkürzung links um 2 cm ist durch Schuhausgleich kompensiert. Die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk endgradig eingeschränkt, alle anderen Gelenke altersentsprechend frei beweglich. Die Sensibilität und Durchblutung intakt.

Eine Röntgenkontrolle ergibt keinen Hinweis für Sequester bei knöcherner Konsolidierung der ehemaligen Unterschenkel-Trümmerfraktur.



Abb. 40:
Röntgenkontrolle linker Unterschenkel
bei Nachuntersuchung.

Fall US 3:

Der 19-jährige Patient zog sich bei einem PKW-Unfall eine komplizierte distale Unterschenkeltrümmerfraktur zu. Diese wurde am 4.9.1979 mit einer 8-Loch-Platte in einem auswärtigen Krankenhaus versorgt.

Bei der Aufnahme am 20.12.1979 im Kreiskrankenhaus Volkach zeigte sich im distalen Drittel des Unterschenkels eine handtellergroße Rötung, in deren Zentrum sich ein pfenniggroßer Epitheldefekt befand, aus dem sich gelbliche Flüssigkeit entleerte.

Die Röntgenaufnahme des linken Unterschenkels in 2 Ebenen zeigte bei liegender 8-Loch-Platte eine knöchern konsolidierte distale Unterschenkeltrümmerfraktur mit multiplen osteolytischen Herden, die zusätzlich mit 3 Zugschrauben versorgt worden war.

Bei der Materialentfernung am 21.11.1979 fand sich ein Corticalisdefekt in voller Länge und Breite der Platte. Des weiteren etwa 10-Pfennigstück-große Defekte um jedes Schraubenloch.

Nach hochdosierter Antibiotikagabe und Ruhigstellung mit Oberschenkel-Liegegips wurde am 9.2.1980 die Fraktur mittels eines Otte-Plansee-Unterschenkel-Nagels versorgt. Die postoperative Wundheilung unter Ruhigstellung des linken Beines auf Braun'scher Schiene sowie hohem antibiotischen Schutz war im wesentlichen komplikationslos. Bis zum 22.2.1980 hatte sich auch der Epitheldefekt am Unterschenkel geschlossen. Bis zum 23.3.1980 wurde der Unterschenkel mit einem Oberschenkel-Liegegips weiterhin ruhiggestellt. Die danach angefertigte Röntgenaufnahme zeigt beginnenden Durchbau der Fraktur, sodaß mit Bewegungsübungen begonnen werden konnte. 3 Wochen später konnte der Patient mit einer Teilbelastung von etwa 20 kg aus der stationären Behandlung entlassen werden.

Im folgenden Dreivierteljahr kam es insgesamt dreimal zum erneuten Aufflackern der Osteomyelitis mit Fistelbildung und Sequesterabstoßung. Im Dezember des darauffolgenden Jahres gelang es nach mehrmaligem stationären Aufenthalt mit Ruhigstellung und Sequestrotomie, die Osteomyelitis zum Stillstand zu bringen und eine knöcherne Konsolidierung zu erreichen.

Die Röntgenaufnahme, die anlässlich der Nagelentfernung im Januar 1982 angefertigt wurde, zeigt den völligen knöchernen Durchbau der Fraktur ohne Anhalt für osteolytische Herde.

Die Bewegungen im oberen und unteren Sprunggelenk waren endgradig schmerzhaft eingeschränkt; aufgrund der starken Atrophie der Unterschenkelmuskulatur bestand mit Hilfe von orthopädischen Schuhen immer noch ein leicht hinkendes Gangbild.

Bei der Kontrolluntersuchung ein Jahr später zeigte sich ein nahezu identischer Röntgenbefund ohne Anhalt für erneute osteolytische Herde; bei reizlosen Narben war das Bein deutlich gekräftigt. Die Bewegungen waren im oberen und unteren Sprunggelenk endgradig leicht eingeschränkt. Subjektiv war der Patient beschwerdefrei. Das Gangbild war mit Straßenschuhen nahezu normal.

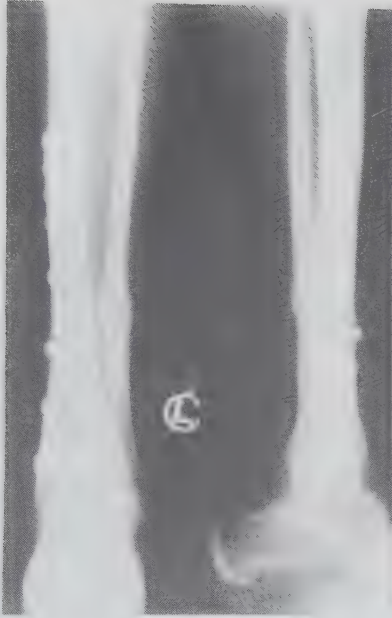


Abb. 41: Röntgenbild vom 20.12.1979 mit liegender Platte und multiplen osteolytischen Herden.



Abb. 42: Zustand nach Plattenentfernung und Reosteosynthese mit O-P-Nagel vom 9.2.1980.



Abb. 43: Röntgenbild nach
Nagelung vom
6.10.1982



Abb. 44:
Funktionelles
Spätergebnis

Fall US 17:

Der Patient wurde am 7.11.1981 von seinem zurückrollenden Fahrzeug an beiden Unterschenkeln mit der Stoßstange getroffen und frakturierte sich den rechten Unterschenkel. Die Fraktur wurde in einem auswärtigen Krankenhaus konservativ versorgt.

Bei der stationären Aufnahme im Kreiskrankenhaus Volkach 5 Monate später am 8.3.1982 ergab sich folgender Röntgenbefund:

Röntgenaufnahme rechter Unterschenkel in 2 Ebenen: Es bestand noch eine deutlich sichtbare Frakturlinie ohne knöchernen Durchbau und ohne wesentliche Callusbildung. Klinisch war die Fraktur weder stabil noch belastbar.

Daher entschloß man sich am 12.3.1982 zur osteosynthetischen Versorgung der Fraktur mittels eines Otte-Plansee-Nagels. Nach Abschluß der Wundheilung wurde Anfang der 2. Woche mit Bewegungsübungen begonnen und Mitte der 2. Woche teilbelastet. Die Bewegung im Kniegelenk war infolge der vorherigen langen Ruhigstellung noch deutlich eingeschränkt. Durch intensive medicomechanische Behandlung konnte die Beugung im Kniegelenk bis zur stationären Entlassung am 9.4.1982 bis auf 110 Grad gebessert werden.

Bei der Kontrolluntersuchung am 10.8.1982 zeigte sich im Röntgenbild der völlig knöcherne Durchbau der Fraktur bei subjektiver Beschwerdefreiheit und regelrechter Beweglichkeit in allen Gelenken.



Abb. 45: Röntgenbild bei Aufnahme
im Baycast-Stützverband



Abb. 46: Zustand nach
O-P-Nagelung



Abb. 47: Der Unterschen-
kel nach Fraktur-
ausheilung

4. D i s k u s s i o n .

4.1. Diskussion der Rotationsversuche.

Die Heilungstendenz einer Fraktur hängt zu einem großen Teil von der Stabilität der Osteosynthese ab (6). Wie schon B. Übing und J. Rehm (60) zeigen konnten, ist die von Küntscher angegebene Querverklebung des kleeblattförmigen Nagels im Knochen nicht möglich. Nach diesen Messungen darf der Verformungsbetrag des Nagels, der in die Markhöhle eingeführt und zusammengedrückt wird, nicht größer sein als eine Kraft von 20 - 30 kp (34). Daraus ergab sich bei den Messungen, daß der Nagel um höchstens 0.1 mm zusammengedrückt werden kann, ohne eine Sprengung der Corticalis zu riskieren. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Festigkeitswerte an Knochenringen gemessen wurden, deren Corticalisstärke nicht durch Aufbohren gemindert war. Aus diesen Erkenntnissen heraus kann gefolgert werden, daß die Kräfte, die zur elastischen Querverklebung des Nagels notwendig wären, die Widerstandskraft der Corticalis um ein Vielfaches übersteigen.

Eine Verklebung des Nagels in der Längsrichtung ist bei der klassischen Nagelungsindikation ebenfalls relativ unwahrscheinlich, da z.B. am Oberschenkel die Antekurvatur, die für eine Längsverklebung notwendig wäre durch die Vergrößerung des dorsalen Anteils des Bruchspaltes bei der Nagelung ausgeglichen wird (31). Darüberhinaus wäre eine Längsverklebung normalerweise nur bei Defektbrüchen interessant; in jedem anderen Fall würde sie jedoch das Zusammensintern der Bruchenden verhindern, sodaß sich die Heilungstendenz eher verschlechtern würde. Bei der Nagelung von Frakturen distal oder proximal des medialen Drittels ist es zwar möglich, daß sich der Nagel im längeren Fragment elastisch verklebt, doch im kürzeren Fragment kaum Möglichkeiten zur Längsverklebung hat, wodurch ebenfalls keine Rotationsstabilität erreicht wird.

Diese beiden Erkenntnisse widersprechen aber den von Küntscher geforderten grundlegenden Bedingungen für eine stabile Osteosynthese:

1.) Der Nagel muß in beiden Bruchstücken eine feste Verklebung mit der Corticalis aufweisen. Im spongiösen Knochen findet er keinen für eine stabile Osteosynthese erforderlichen Halt.

2.) Der Bereich dieser Nagelcorticalisverklebung soll in jedem Bruchstück mindestens 6 - 8 cm betragen

Diese Erkenntnisse gaben den Anstoß zum Überdenken des Marknagelprinzips. Durch die oben vorgestellte Nagelgeometrie, die sich mit 6 Kufen an der Oberfläche in den Knochen eingraben kann, wird ein besserer Knochen-Nagel-Kontakt hergestellt, der auch im spongiösen Bereich des Knochens noch eine gewisse Führung gewährleistet.

Die bei den biomechanischen Untersuchungen zur Rotationsstabilität gewonnenen Werte zeigen eine erhebliche Streubreite und machen so darauf aufmerksam, daß vor allem Operationstechnik und Nagelstärke - neben der Nagelgeometrie - einen erheblichen Einfluß auf die zu erreichende Stabilität haben.

So wurde z.B. bei den Versuchen 2 und 3 zurückhaltend aufgebohrt, und damit eine geringeren Rotationsstabilität erreicht. Dies kann man an den flach verlaufenden Kurven nachvollziehen.

Im Gegensatz dazu wurde bei den Versuchen 6 und 7 relativ stark aufgebohrt und so durch den längeren Kontakt des Nagels mit der Corticalis eine wesentlich bessere Rotationsstabilität erreicht, ablesbar an den steiler ansteigenden Kurven. Im Vergleich der beiden Kurven stellt man einen wesentlich steileren Anstieg in der Kurve des Otte-Plansee-Nagels fest, der durch die Eingrabung der Kufen in das Knochengewebe erklärbar ist.

Obwohl nur Einzeldaten vorliegen, ist die Tendenz zu beobachten, daß sich der Kufennagel nach einer ersten Rotation wieder im Knochen fängt ablesbar am stetigen Ansteigen der Kurve.

Nach einer ersten Rotation des kleeblattförmigen Nagels erscheint die Gefahr des stärkeren Verdrehens größer als beim Kufennagel - ablesbar

an der parallel zur Wegachse verlaufenden Kurve. Für die Praxis bedeuten die gewonnenen Werte, daß die Gefahr einer Minimalrotation bei beiden Nagelarten fast gleich groß ist. Die Gefahr eines klinisch relevanten Rotationsfehlers scheint jedoch beim kleeblattförmigen Nagel größer. Unberücksichtigt bleibt dabei die Tatsache, daß durch das Eingraben der Kufen in den Knochen auf 1 mm stärkeres Aufbohren verzichtet werden kann, und dadurch die Stabilität erhöht wird, ohne das erhöhte Risiko einer Schaftsprengung eingehen zu müssen.

Damit kann das von Küntscher (41) postulierte Grundprinzip - die Minimierung des operativen Eingriffs - durch die Verwendung des Otte-Plansee-Kufennagels bei gleichzeitig verbesserter Stabilität erfüllt werden. Vor allem bei Fällen der sogenannten erweiterten Indikation kann dies von Nutzen sein, wie wir es vor allem bei Etagenbrüchen sowie Brüchen mit größerem Biegegskeil im Bereich des mittleren Oberschenkelmittels an unseren klinischen Beispielen gesehen haben.

Zu den experimentell gewonnenen Meßwerten kommen bei der klinischen Anwendung des Otte-Plansee-Nagels noch weitere Vorteile hinzu:

Bei Verwendung von Tantal und Niob bildet sich zwischen Knochen und Osteosynthesematerial keine bindegewebige Zwischenschicht. Tierexperimentelle Versuche und nachfolgende histologische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen konnten dies nachweisen (54,51). Der Knochen wächst also direkt an den Nagel heran, sodaß sich bei zunehmender Implantationsdauer die Stabilität der Osteosynthese durch vermehrten Knochen-Nagelkontakt noch weiter erhöht.

Dazu der Küntschernagel im Gegensatz:

Bei Verwendung von rostfreiem Stahl bildet sich zwischen Knochen und Osteosynthesematerial eine bindegewebige Zwischenschicht aus. Also weicht der Knochen bei längerer Liegedauer des Implantats immer weiter vom Nagel zurück. Die daraus resultierende Instabilität wird durch die gegebene glatte Oberfläche des Küntschernagels noch verstärkt.

Weiterhin wird die Stabilität der Osteosynthese bei den bisher verwendeten Nägeln dadurch vermindert, daß sich der Nagel unter Belastung elastisch verbiegt, d.h., der Nagel nimmt die für ihn unter Belastung günstigste Form an, um dann bei Nichtbelastung in die ursprüngliche Form zurückzugehen. Dies bedeutet z.B. für einen Oberschenkel, daß der Nagel bei einer Fraktur im medialen Drittel bei jeder Belastung eine Antekurvatur von etwa 10 Grad annimmt, um sich bei Nichtbelastung wieder annähernd geradezubiegen. So kommt es immer wieder zu Mikrobewegungen im Bruchspalt. Der aus Niob gefertigte Otte-Plansee-Nagel verformt sich eher plastisch, d.h. er behält die unter Belastung aufgetretene Verformung bei. Der Nagel wird sich also bei der ersten Belastung in die optimale Form biegen - der federnde Rückschlag bleibt jedoch aus. Dies konnte an vielen explantierten Nägeln, die eine Antekurvatur zwischen 5 und 10 Grad zeigten, nachgewiesen werden. Die Mikrobewegungen im Frakturspalt werden so weiter minimiert und die Osteosynthese damit stabiler.

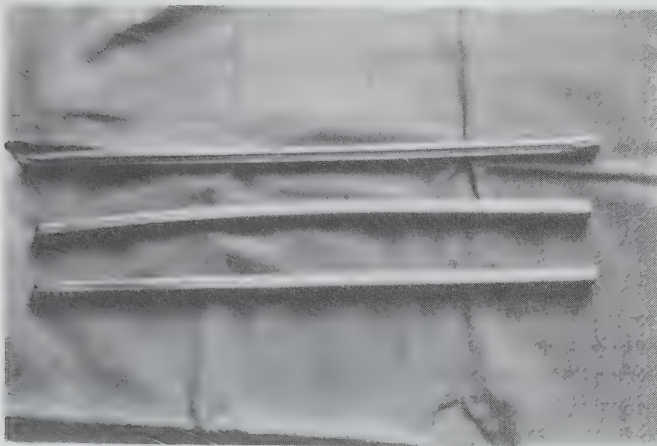


Abb. 48: oben: explantierter Küntschnagel
mitte: explantierter O-P-Nagel
unten: neuer O-P-Nagel

4.2. Diskussion der klinischen Erfahrung.

Die Stabilität einer Osteosynthese ist von einer außerordentlichen Bedeutung für den Erfolg einer Frakturbehandlung. Je stärker die Mikrobewegungen im Frakturspalt sind, desto größer ist die Gefahr einer Infektion. Dies konnten schon B. Rittmann und F. M. Perren (60) nachweisen.

Um der Gefahr einer Infektion aus dem Wege zu gehen, sollte man unbedingt auf nicht zu schnelles Aufbohren des Markkanals achten: Wird der Bohrer mit zu großer Geschwindigkeit im Markraum vorgetrieben, können durch die Druck- und Hitzeeinwirkung erhebliche Nekrosen gesetzt werden. Diese Nekrosezonen begünstigen das Angehen einer Infektion in besonderem Maße (66). Daher ist es notwendig, mit relativ geringer Bohrdrehzahl und mäßigem Druck aufzubohren; es empfiehlt sich weiterhin, die Markhöhle stufenweise um jeweils 0,5 mm Durchmesser zu erweitern und dabei die jeweiligen Bohrköpfe während des Bohrvorganges von dem Abraummaterial immer wieder zu säubern.

Durch die Verwendung eines rotationsstabileren und torsionssteiferen Marknagels nach Otte wird die Voraussetzung für eine bessere biomechanische Stabilität und damit geringere Infektgefährdung geschaffen. Auch die Verwendung eines bioinerten Materials als Implantatwerkstoff hilft, das Infektionsrisiko zu vermindern (9), sodaß die Vorteile der Marknagelung voll ausgenutzt und die Indikationen weiter gestellt werden können.

Bei den bisher durchgeführten Osteosynthesen mit dem Otte-Plansee-Nagel lagen in 4 Fällen offene Oberschenkelfrakturen und in 5 offene Unterschenkelfrakturen vor, die jeweils folgenlos ausheilten.

In 7 Fällen wurde am Oberschenkel im Sinne einer erweiterten Indikation eine Nagel-Osteosynthese durchgeführt, in 6 Fällen am Unterschenkel. Davon kamen insgesamt 12 zu einem guten funktionellen und röntgenologischen Endergebnis; nur in einem Fall ein befriedigendes Endergebnis.

Ein besonders gutes Anwendungsgebiet für den Otte-Plansee-Nagel scheint nach den bisherigen Ergebnissen die sekundäre Versorgung von Osteomyelitiden und Pseudarthrosen zu sein. Insgesamt wurden bisher 8 Sekundärversorgungen durchgeführt, wobei es sich sowohl um Osteomyelitiden als auch Pseudarthrosen handelte. Alle diese Fälle führten zu einem guten funktionellen Endergebnis, und die bisher behandelten Patienten sind mit dem Endergebnis subjektiv sehr zufrieden. Bei diesen Patienten wurde stets eine knöcherne Konsolidierung unter Ausheilung des Infekts erreicht.

Die Erfolge auf diesem Gebiet beruhen hauptsächlich auf 2 Faktoren des neuen Nagelprinzips:

- 1.) Die vermehrte Stabilität der Osteosynthese
mit der Minimierung der Mikrobewegung.
- 2.) Die Verwendung eines biokompatiblen Materials.

Die Wirkung des biooptimierten Materials läßt sich am besten damit erklären, daß der Körper sich voll auf die Abwehr der Infektion konzentrieren kann, und es so zusätzlich zu keiner fremdkörperspezifischen Enzymreaktion kommen kann. Da das Osteosynthesematerial vom Körper nicht als fremd erkannt wird, kann der Knochen direkt an das Implantat heranwachsen. Dies verleiht der Osteosynthese weitere Stabilität.

5. Zusammenfassung

Die 1939 von Küntscher vorgestellte Marknagelung gilt heute noch als eines der schonendsten Verfahren der Ostersynthese, jedoch birgt dieses gewisse Mängel, die zu einer Überdenkung des Marknagelprinzips führten. Durch eine neue Formgebung - Sechskantkufenform - und gleichzeitiger Verbesserung des Materials - biokompatibles Monometall Niob - konnte eine wesentliche Verbesserung für die Stabilität der intramedullären Schienung bei verbesserten Heilungstendenzen erreicht werden.

Dies konnte durch vergleichende Rotationsversuche an Oberschenkelknochen mit dem Küntscher- und Otte-Nagel nachgewiesen werden. Die vorgestellten klinischen Fälle mit dem Otte-Plansee-Nagel konnten ebenfalls die hervorragende Biokompatibilität und die in den Rotationsversuchen erhaltenen Ergebnisse bestätigen. Der Otte-Plansee-Nagel ist deshalb eine sinnvolle Weiterentwicklung des Küntscher-Marknagels.

Zum Schluß der Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Professor Dr.med. D. H o h m a n n , Direktor der Klinik für Orthopädie der Universität Erlangen - Nürnberg für die freundliche Übernahme der Arbeit und sein Referat meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Herzlicher Dank gilt auch Herrn Dr.med. Lothar R a b e n s e i f -
f n e r , Orthopädische Universitätsklinik M ü r z b u r g , für die
freundliche Unterstützung.

Meinem Vater Dr.med. Heinz O t t e , Chefarzt des Kreiskrankenhauses
V o l k a c h a m l a i n , chirurgisches Fachkrankenhaus, danke ich für
die Überlassung der klinischen Fälle.

7. Literaturverzeichnis

- 1 Allgöwer, M.: Osteosynthese und primäre Knochenheilung.
Langenbecks Archiv. Chir. 308, 423, (1964).
- 2 Arens, W.: Grundsätzliches zur Technik der Marknagelung ohne Aufbohren.
Unfallmed. Tagung Kiel, 40, 109 (1980).
- 3 ASTM-Standard Experimental testing for biological compathibility of metals for surgical implants. 1916 race strett, Philadelphia, P H 19103, July 1973.
- 4 Bäuerle, : Offene und gedeckte Technik der Marknagelung.
Akt. Traumatologie 6, 369, (1976).
- 5 Beck, E. G.: Zytologische Untersuchung über die Partikelaufnahme in vitro. Habil. Schrift Med. Fakultät Univ. Düsseldorf 1968.
- 6 Böhler, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung im Frieden und im Krieg.
Bd. 3 Wien: Maudrich 1945.
- 7 Böhler, L.: Technik der Knochenbruchbehandlung.
Ergänzungsband. Nachdruck. Maudrich 1945.

- 8 Breitenfelder, J. R.: Die elektrogalvanische Entzündung
Weidner als Ursache der aseptischen Implantatlockerung bei der Alloarthroplastik des Hüftgelenkes.
z. Orthopl. 114, 867 (1976)
- 9 Buchholz, H.W.: Die tiefe Infektion, ein zentrales
Problem der Gelenkersatzoperationen. Mat. Med. Nordmark 25, 1 (1973)
- 10 Carnochan, J. M.: Geschichte der Orthopädie,
zit. n. Valentin, B. Thieme, Stuttgart 1961
- 11 Chapchal, G.: Grundriß der orthopädischen Krankenuntersuchung. Enke, Stuttgart 1954.
- 12 Clarke, E., An Investigation into the
Correlation Between the Electric Potential of Metals and Their Behaviour in Biological Fluid.
J. Bone, Jt. Surg. 35 B 467 (1953)
- 13 Contzen, H.: Materialtechnische Voraussetzungen
und biologische Gewebsreaktion bei der Implantation von Kunststoffen.
Bruns Beitr. klin. Chir. 204, 179 (1963).
- 14 Contzen, H.: Abakterielle Osteomyelitis durch
Metallose. Langenbecks Arch. klin. Chir. 334, 555 (1973).
- 15 Contzen, H. Korrosion und Metallose.
H. Broghammer: Bruns Beitr. klin. Chir. 208, 75 (1964).

- 16 Contzen, H.,
F. Staumann,
E. Paschke: Grundlagen der Alloplastik mit
Metallen und Kunststoffen, Thieme,
Stuttgart 1967.
- 17 Diehl, K.,
u. Hauser: Biomechanische Untersuchungen zur
Marknagelung nach Küntscher.
Med. Orthop. Technik 95, 117
(1975).
- 18 Dockal, C.: Korrosionsverhalten von Implantat-
werkstoffen für künstliche Gelenke.
Techn. Rundschau, Sulzer Winter-
thur, Forschungsheft 1972.
- 19 Ecke, H.: Operative Therapie der chronischen
Osteomyelitis. Münch. med. Wschr.
36, 1585 (1970).
- 20 Eder, M.
P. Gedigk: Lehrbuch der Allgemeinen Pathologie
und der Pathologischen Anatomie.
Springer, Berlin, Heidelberg,
New York, 1974.
- 21 Eitel, F. Instabilität und Vaskularisation
langer Röhrenknochen im
Experiment.
Langenbecks Arch. Chir. Suppl.
Chir. Forum 27 (1972).

- 22 Fässler, K. Versagen von Knochennägeln infolge
R. Sinn Schwingungsrißkorrosion.
H. Spähn: Arch. f. d. Eisenhüttenwesen 40/9
 (1969).
- 23 Frank, E., Metallische Implantate in der
H. Zitter: Knochenchirurgie.
 Springer, Wien, New York 1971.
- 24 Friedrich, B.: Biomechanische Stabilität und
 posttraumatische Osteitis.
 Hefte Unfallklk. 122, Springer,
 Berlin, Heidelberg, New York 1975.
- 25 Geiser, M.: Beiträge zur Biologie der Knochen-
 bruchheilung.
 Beilageheft zu Bd. 97, 7. Orthop.
 1963.
- 26 Gluck, T.: Die Invaginationsmethode der
 Osteo- und Arthroplastik.
 Berlin klin. Wschr. 19, 732 (1890).
- 27 Gresse, A.: Der Heilverlauf von Unterschenkel-
 frakturen.
 Fortschr. Red. 89, 65 (1971).
- 28 Harms, J., Biokompatibilität von Implantaten
E. Mäusle: in der Orthopädie.
 Hefte zur Unfallheilkunde 144,
 Springer 1980.
- 29 Hegemann, G.: Der Wandel der Infektion in der
 Chirurgie.
 Klinische Betrachtungen.
 Langenbecks Arch. Chir. 403, 30
 (1963).

- 30 Kempf, J., J. H. Jaeger, A. Weigl: Biomechanische Untersuchungen zur Verriegelungsnagelung. in: Verriegelungsnagelung, V. Vescei. Maudrich, Wien - München - Bern 1978.
- 31 Kieffer, R., H. Braun: Vanadium, Niob, Tantal. Springer, Berlin - Göppingen - Heidelberg 1973.
- 32 Klemm, K., W. D. Schellmann: Der Verriegelungsnagel, Med. Techn. Orthopädie S2, 118 (1972).
- 33 Klemm, K., W. D. Schellmann: Dynamische und statische Verriegelung des Marknagels. Mschr. Unfallheilkunde 75, 112 (1972).
- 34 Kneese, K.h.H., H. Hahne, H. Biermann: Festigkeitsuntersuchungen an menschlichen Extremitätenknochen. Morph. Jb. 141 (1955).
- 35 Knöfler, E. W.: Die biomechanische Induktion bei der Knochenbruchheilung. Beilageheft zu Bd. 104 z. Orthop. 1967.
- 36 Kölbel, R., Biomechanische Probleme der Implantatchirurgie. Orthopäde 3, 153 (1974).
- 37 Lane, W. A.: The Operative Treatment of Fractures, London: The Redical Puvlishin C 1914.

- 38 Küntscher, G., Technik der Marknagelung.
R.Maatz: Thieme Leipzig 1945.
- 39 Küntscher, G.: Die Marknagelung.
Saeger, Berlin (1970).
- 40 Küntscher, G.: Die Technik des Aufweitens der
Markhöhle.
Chirurg 3, 28 (1959).
- 41 Küntscher, G.: Praxis der Marknagelung.
Schattauer, Stuttgart (1962).
- 42 Küntscher, G. Die Wahl des passenden Marknagels.
Chirurg 35/3 (1964).
- 43 Lange, M.: Orthopädisch, chirurgische Opera-
tionslehre.
Bergmann, München (1962).
- 44 Van Lüdinghausen, H., Osteosynthese und Metallose.
P. Meister, Med. Welt 21 (1970) 1913.
J. Probst:
- 45 Mittelmeier, H.: Gewebereaktionen bei der Allo-
arthroplastik des Hüftgelenkes.
Arch. klin. Chir. 306, 163 (1964).
- 46 Morgan, J. A.: Metallurgie für den orthopädischen
Chirurgen.
Zimmer/USA, Warsaw, Indiana 1975.

- 47 Moser, K.,
Streli, R.: Klinische Erfahrungen mit dem
Otte-Nagel
1. Volkacher Symposium über neue
Biomaterialien in Orthopädie und
Traumatologie, 1982
- 48 Müller, M. E.
M. Allgöwer,
H. Willenegger: Manual der Osteosynthese.
2. Aufl. Springer, Berlin 1977.
- 49 Nünzenberger, K.J.,
G. Flajs,
Roggatz,
f. Süßenbach: Korrosionsbedingte Oberflächen-
schäden am lebenden Gewebe,
insbesondere am Knochen, im
rasterelektronen-mikroskopischen
Bild.
Z. Orthop. 110, 336 (1972).
- 50 Nicole, R.: Metallschädigung bei Osteo-
synthesen.
Neur. chir. Acta, Suppl. 3, 1-74
(1947).
- 51 Ohnsorge, J.: Ionenoptische Untersuchungen der
Passivschicht von Metall-
implantaten.
Z. Orthop. 110, 962 (1972).
- 52 Ohnsorge, J.: Elektronenoptische Untersuchungen
von Metallimplantaten mit dem
Rasterelektronenmikroskop.
Habilitationsschrift, Köln 1970.
- 53 Pfister, U., Die Verklemmung des Marknagels in
der Markhöhle der Tibia.
Akt. Traumatologie 117. 1969

- 54 Rabenseifner, K,
Y. Hyrasawa,
W. D. Otte,
P. H. Wünsch,
S. Schider: Der Otte-Plansee-Marknagel -
ein neues Prinzip. Vorgetragen von
H. Otte bei der 3. Deutsch-Japani-
schen orthopädischen Gesellschaft
31.3.1982, Fukuoka, Japan.
- 55 Rabenseifner, L.
W. Bröcker: Rastermikroskopische und histolo-
gische Untersuchungen zum Metallo-
seproblem bei Chrom-Nickel-
Molybdän-Stählen und Niob-Implan-
taten.
Vortrag bei der DGOT,
Mainz 15.9.1982.
- 56 Rabenseifner, L.,
W. Bröcker: Rasterelektronenmikroskopische
Oberflächenstrukturanalysen an
Metalloberflächen.
1. Volkacher Symposium über Bio-
materialien in Orthopädie und
Traumatologie, Oktober 1982.
- 57 Rabenseifner, L.: Biologische Grundlagenunter-
suchungen über Tantal und Niob als
Implantatwerkstoff.
1. Volkacher Symposium über Bio-
materialien in Orthopädie und
Traumatologie, Oktober 1982.
- 58 Rabenseifner, L.,
W. D. Otte,
S. Schider: Der rotationsstabile Marknagel
nach Otte.
Langenbecks Archiv. 8, 1982.
- 59 Rabenseifner, L.,
W. D. Otte,
P. H. Wünsch,
S. Schider: Vergleichende histologische und
thermografische Untersuchungen
an Stahl- und Niobimplantaten.
Langenbecks Archiv, 1982 (im Druck)

- 60 J. Rehm,
D. Uebing: Die Behandlung von Frakturen
langer Röhrenknochen mit dem
Marknagel nach Küntscher.
Archiv für orthopädische und
Unfallchirurgie 55, 82-109 (1963).
- 61 Rittmann, W.,
S. M. Perren: Corticale Knochenheilung nach
Osteosynthese und Infektion.
Springer, Berlin, Heidelberg,
New York. 1974.
- 62 Scales, J. T.,
G. D. Winter,
H. T. Shirley: Corrosion of orthopaedic implant.
J. Bone, Jt. Surg 41 B 1959, 810.
- 63 Schauwecker, F.,
s. Weller: Ursachen der knöchernen Infektion
nach Osteosynthesen. In: Die post-
traumatische Osteomyelitis,
hrsg. von G. Hierholzer und
J. Rehm. Schattauer, Stuttgart
1970, 31.
- 64 Scheuba, G.: Zur primären Marknagelung der
offenen Unterschenkelfraktur.
M.schr. Unfallheilkunde 72 (1969)
252.
- 65 Schider, S.,
H. Plenk,
G. Pflüger,
H. Otte,
K. Ennemoser: Tantal und Niob, zwei neue Werk-
stoffe für Implantate im Vergleich
mit anderen Implantatwerkstoffen.
Proceedings of the 10th Plansee-
Seminar, 1981, 131.
- 66 Sör, R.
W. Arens,
J. v. Knobloch: Strenge und erweiterte Indikation
zur Küntscher-Marknagelung.
Hefte Unfallheilk. 153 (1981) 160.

- 67 Stürmer, D.
W. Schuchhardt: Ergebnisse tierexperimenteller Untersuchungen nach Marknagelung. Bericht über die Unfallmed. Tagung Kiel, 42 (1980) 65.
- 68 Stürmer, K. M.,
W. Schuchhardt: Neue Aspekte der gedeckten Marknagelung und des Aufbohrens der Markhöhle im Tierexperiment. Teil I - III. Unfallheilkunde 83 (1980), 341, 346, 433.
- 69 Uehlinger, E.,
P. Puls: Funktionelle Anpassung des Knochens auf physiologische und unphysiologische Beanspruchung. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 319 (1967) 362.
- 70 Valentin, B.: Geschichte der Orthopädie. Thieme, Stuttgart 1961.
- 71 Vescei, V.: Biomechanische Grundlagen der Osteosynthese mit intramedullären Kraftträgern. Unfallmed. Tagungen 42 (1980) 79.
- 72 Venable, C.S.,
W. G. Stuck: Results of Recent Studies and Experiments Concerning Metals Used in the Internal Fixation of Fractures. J. Bone, Jt. Surg, 30 A, (1974) 246.

- 73 Vittali, HJP.,
K. Klemm,
W. D. Schellmann: Der Verriegelungsnagel, eine Erweiterung des Indikationbereiches für die Markraumstabilisierung. Bruns Beitr. klin. Chirurgie 221 (1974) 301.
- 74 Willenegger, H.,
S. M. Perren,
R. Schenk: Primäre und sekundäre Knochenbruchheilung. Chirurg 42 (1971) 241.
- 75 Zitter, H.: Schädigung des Gewebes durch metallische Implantate. Unfallheilk. 79, (1976) 91.

L e b e n s l a u f

- 1956 am 22. April wurde ich als Sohn des Chefarztes
Dr. med. Heinz O t t e und seiner Ehefrau Hildegard,
geb. Weißner in Würzburg geboren.
- 1963 - 1965 Volksschule in Bad Mergentheim
- 1965 - 1967 Verbandsschule Volkach/Main
- 1967 - 1973 hum. Egbert-Gymnasium, Münsterschwarzach
- 1973 - 1976 Gymnasium Frankenlandschulheim Gaibach
- 1976 Erlangung der Hochschulreife
- 1976 - 1977 Grundwehrzeit von 15 Monaten im San.Btl.12 in
Veitshöchheim
- 1977 begann ich ein Studium für Werkstoffwissenschaften an
der Montan - Universität in Leoben / Österreich
- 1977 ab Wintersemester Studium der Medizin an der
Friedrich - Alexander - Universität Erlangen / Nürnberg
- 1979 ärztliche Vorprüfung
- 1980 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- 1982 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- 1983 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- 1983 am 26.10. Approbation als Arzt
- 1983 seit 7.11. Assistenzarzt Städtische Krankenanstalten
Esslingen am Neckar, Chirurgische Klinik

